



TUGAS AKHIR - MO141326

PENERAPAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (CCPM) DAN *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) PADA PENJADWALAN PROYEK PERBAIKAN KAPAL BC30002

GUNA WIRAWAN

NRP. 4313100136

Dosen Pembimbing :

Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 60111

2017



TUGAS AKHIR - MO141326

IMPLEMENTATION OF CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT (CCPM) AND CRITICAL PATH METHOD (CPM) ON SCHEDULING OF BC30002 SHIP REPAIR PROJECT

GUNA WIRAWAN

NRP. 4313100136

Supervisors :

Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh November Institute of Technology

Surabaya 60111

2017

**PENERAPAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (CCPM)
DAN *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) PADA PENJADWALAN PROYEK
PERBAIKAN KAPAL BC30002**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Guna Wirawan

NRP. 4313 100 136

Disetujui oleh:

1. Silvanita, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. (Pembimbing 2)

3. Drs. M. Musta'in, M.Sc., Ph.D. (Penguji 1)

4. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D. (Penguji 2)

5. Agro Wisudawan, S.T., M.T. (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

**PENERAPAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT*
(CCPM) DAN *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) PADA PENJADWALAN
PROYEK PERBAIKAN KAPAL BC30002**

Nama Mahasiswa : Guna Wirawan

NRP : 4313100136

Departemen : Teknik Kelautan – FTK ITS

Dosen Pembimbing : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

ABSTRAK

Penjadwalan proyek adalah elemen penting agar perusahaan galangan dapat mendapatkan untung yang lebih. Analisa yang paling sering digunakan adalah dengan metode *Critical Path Method* (CPM). Tetapi dalam kenyataan yang terjadi di lapangan, perencanaan dengan menggunakan metode CPM dan metode tradisional lainnya dinilai kurang efisien karena tidak mempertimbangkan produktivitas dari setiap pekerjaan di dalamnya dan menambahkan waktu aman yang menyebabkan durasi proyek menjadi semakin panjang. Sesuai dengan masalah diatas, dewasa ini berkembang metode baru untuk merencanakan jadwal proyek yaitu *Critical Chain Project Managemen* (CCPM). CCPM adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek. Metode ini ditempuh dengan cara menghilangkan *multitasking*, *student syndrome*, *parkinson's law* serta memberi *buffer* di waktu akhir proyek. Pada tugas akhir ini dilakukan perbandingan durasi hasil penerapan metode CCPM dengan metode *Critical Path Method* (CPM) pada studi kasus perbaikan kapal di PT. ABC. Penjadwalan awal proyek menggunakan metode tradisional berupa *ganttt chart* yang kemudian di-*breakdown* lebih detail dan lengkap dengan hubungan antar aktivitasnya ke dalam bentuk CPM, dan kemudian akan dibandingkan dengan durasi hasil dari penjadwalan CCPM yang telah menghilangkan *multitasking*, menghilangkan *Safety time* pada tiap aktivitas dan memberi *buffer* dalam pengerjaannya. Berdasarkan hasil analisa, bahwa durasi CCPM lebih cepat 27 dibandingkan dengan CPM dan menghemat biaya sebesar Rp.342.380.000,00.

Kata Kunci : Manajemen Proyek, Critical Path, Critical Chain, dan Buffer

**IMPLEMENTATION OF CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT
(CCPM) AND CRITICAL PATH METHOD (CPM) ON SCHEDULING OF
BC30002 SHIP REPAIR PROJECT**

Name : Guna Wirawan
NRP : 4313100136
Department : Ocean Engineering – FTK ITS
Supervisor : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

ABSTRACT

Project scheduling is an essential element in order that the shipyard companies can make more profit. The most common used analysis is the Critical Path Method (CPM). But in reality, using CPM methods and other traditional methods is consider less efficient because it does not consider the productivity of each job in it and adds a safety times that causes the duration of the project becomes longer than it should be. According to that problem, there is another method to analyze project schedule is Critical Chain Project Management (CCPM). CCPM is a project planning method that emphasizes the resources needed to perform project tasks. This method is done by eliminating multitasking, student syndrome, parkinson's law and give buffer at the end of the project. In this final project has been done by comparing of the duration and the cost of CCPM with Critical Path Method (CPM) in project repair BC30002 ship at PT. A B C. Initial project scheduling uses the traditional method of gantt chart which is then breakdown in more detail and complete with the relationship between its activities into CPM form, and then it will be compared with the duration of the result of CCPM scheduling which has done by eliminated multitasking, safety time on each activity and giving Buffer in the end of the process. Based on the analysis, obtained the duration using the CCPM method is 27 days faster than CPM method and saves cost as much of Rp.342.380.000,00.

Kata Kunci : Manajemen Proyek, *Critical Path*, *Critical Chain*, dan *Buffer*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmatnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan judul PENERAPAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (CCPM) DAN *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) PADA PENJADWALAN PROYEK PERBAIKAN KAPAL BC30002. Tugas akhir ini disusun untuk menjadi prasyarat mengerjakan tugas akhir sebagai syarat kelulusan dalam program Strata satu (S1) di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini berisi tentang ide atau gagasan sebelum mengerjakan tugas akhir dengan Analisa penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* dan *Critical Chain Project Management*. Diharapkan dengan selesainya laporan tugas akhir ini dapat memberikan kebermanfaatan dalam dunia manajemen proyek dan khususnya dalam dunia rekayasa teknologi kelautan. Penulisan roposal tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis sebagai bahan koreksi untuk penulisan laporan selanjutnya agar lebih baik. Penulis juga berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, dan bagi penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2017

Guna Wirawan

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran proses pengerjaan tugas akhir ini. Penulis ingin berterima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan kemudahannya dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Papa, Mama, Mas Tito dan Milan yang senantiasa memberikan doa dan dukungan.
3. Ibu Silvianita, S.T., M. Sc., Ph. D selaku dosen pembimbing I yang sabar membimbing penulis hingga selesainya tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph. D selaku dosen pembimbing II yang sabar membimbing penulis hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Noer Agus dan Mas Adit yang telah membantu dalam pengambilan data dan menambah pemahaman tentang perbaikan kapal yang berguna dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Fadel Muhammad, Muhammad Bonar Yudha, Ivandito H, Irza Yanuar, Naufal Aditya, Salman Yanuar dan Tsany Naufal selaku teman penulis yang telah menyediakan tempat untuk mengerjakan tugas akhir ini sampai selesai.
7. Tommy, Bassam, Mbak Cindy, Watik, Yusnia, Bobby, Faisal, Widi, Pras, Zeniar selaku teman satu bimbingan yang telah menemani perjuangan penulis untuk asistensi dan sidang tugas akhir ini.
9. Keluarga besar Angkatan 2013 Jurusan Teknik Kelautan, terimakasih atas kebersamaan selama 4 tahun masa perkuliahan.
10. Rekan – rekan alumni SMA 61 Jakarta cabang ITS yang telah memberikan dukungan dan semangat.
11. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua. Amin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
GLOSARIUM	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Kapal BC 30002 FPB 38 Alumunium.....	7
2.2.2. Perbaikan Kapal	8
2.2.3. Metode <i>Gantt Chart</i>	10
2.2.4. <i>Network Planning</i>	10
2.2.4.1. Definisi <i>Network Planning</i>	10
2.2.4.2. Manfaat <i>Network Planning</i>	11

2.2.4.3. Kegunaan <i>Network Planning</i> dalam Manajemen Proyek	11
2.2.4.4. Pengertian Kegiatan, Peristiwa dan Lintasan Kritis	11
2.2.4.5. Beberapa Ketentuan dalam <i>Network Planning</i>	12
2.2.4.6. Simbol-Simbol dalam <i>Network Planning</i>	13
2.2.4.7. Hubungan Antar Kegiatan.....	14
2.2.5. <i>Critical Path Method</i>	15
2.2.5.1. Perhitungan Jalur Kritis	16
2.2.5.2. Perhitungan Maju	17
2.2.5.3. Perhitungan mundur.....	17
2.2.5.4. Menghitung <i>Total Float</i>	18
2.2.6. <i>Critical Chain Project Management</i>	18
2.2.6.1. Langkah – Langkah Metode CCPM	19
2.2.6.2. Permasalahan Akibat Perilaku Manusia	20
2.2.6.3. Pengurangan Durasi Kegiatan	21
2.2.6.4. Tipe - Tipe <i>Buffer</i>	22
2.2.6.5. Menentukan Besarnya Nilai <i>Buffers</i>	23
2.2.6.6. <i>Buffer Management</i>	25
2.2.7. Perbedaan CCPM dengan CPM/PERT.....	25
BAB III METODOLIGI PENELITIAN	27
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2. Penjelasan Diagram Alir Penelitian	29
3.2.1. Tahap identifikasi masalah	29
3.2.2. Studi Literatur	29
3.2.3. Pengumpulan Data	29
3.2.4. Analisis Data dan Pembahasan	30
3.2.5. Kesimpulan dan Saran	32

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Gambaran Umum Proyek Perbaikan Kapal BC 30002	33
4.2. Jadwal Kerja	34
4.3. Penjadwalan Proyek	34
4.4. Langkah-langkah Penyusunan Network Planning	40
4.4.1. Menginventarisasi Kegiatan.....	40
4.4.2. Mengidentifikasi Jalur Kritis, Total Float, dan Kurun Waktu Penyelesaian proyek.....	48
4.4.3. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung	50
4.5. Pengaplikasian Metode <i>Critical Chain Project Management</i>	54
4.5.1. Pengurangan Durasi Kegiatan.....	54
4.5.2. Menghilangkan <i>Multitasking</i> pada Penjadwalan	56
4.5.3. Memasukan <i>Buffer</i> pada Penjadwalan CCPM	62
4.5.3.1. Menghitung <i>Feeding Buffer</i>	65
4.5.3.2. Menghitung <i>Project Buffer</i>	69
4.5.4. Membuat <i>Network Planning</i> untuk Metode CCPM	73
4.5.5. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung	81
4.5.6. Analisa <i>Buffer Management</i>	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1. Kesimpulan	87
5.2. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kapal Patroli BC 30002	8
Gambar 2.2. Contoh Pengaplikasian Metode <i>Gantt Chart</i>	10
Gambar 2.3. Lingkaran Kegiatan	13
Gambar 2.4. Hubungan antar kejadian 1.....	14
Gambar 2.5. Hubungan antar kejadian 2.....	14
Gambar 2.6. Hubungan antar kejadian 3.....	14
Gambar 2.7. Contoh penggunaan dummy.....	15
Gambar 2.8. Distribusi durasi dalam aktivitas	22
Gambar 2.9. Buffer pada CCPM	23
Gambar 2.10. Contoh perhitungan <i>buffer</i> menggunakan metode C&PM	24
Gambar 2.11. Contoh perhitungan <i>buffer</i> menggunakan metode RSEM	24
Gambar 2.12. <i>Buffer Monitoring</i> pada CCPM	25
Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir	28
Gambar 4.1. Kapal Patroli BC 30002	33
Gambar 4.2. Hasil Penjadwalan MS. Project Metode CPM	39
Gambar 4.3. Hasil Penjadwalan MS. Project Metode CCPM.....	72
Gambar 4.4. Pembagian Daerah Penggunaan <i>Buffer</i>	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Utama Kapal BC 30002	7
Tabel 4.1 Ukuran utama kapal BC 30002	33
Tabel 4.2 Waktu dan Aktivitas Kerja	34
Tabel 4.3 Daftar kegiatan proyek	40
Tabel 4.4 Perhitungan Maju	42
Tabel 4.5 Perhitungan Mundur	45
Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Float	48
Tabel 4.7 Daftar Tenaga Kerja dan Upah	50
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung	51
Tabel 4.9 Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan	54
Tabel 4.10 Kuota Jumlah Pekerja per Hari	57
Tabel 4.11 Data jumlah pekerja untuk masing-masing kegiatan	57
Tabel 4.12 <i>Resource Sheet</i> MS. Project Hasil Penjadwalan Metode CPM dengan Error	60
Tabel 4.13 <i>Resource Sheet</i> Ms. Project Hasil Penjadwalan CPM	60
Tabel 4.14 <i>Resource Sheet</i> MS. Project Penjadwalan Metode CCPM	61
Tabel 4.15 Tampilan <i>Resource Sheet</i> MS. Project Penjadwalan Metode CCPM dengan Error	61
Tabel 4.16 Perhitungan <i>Buffer</i>	63
Tabel 4.17 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 1	65
Tabel 4.18 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 2	66
Tabel 4.19 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 3	67
Tabel 4.20 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 4	67
Tabel 4.21 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 5	68
Tabel 4.22 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 6	68

Tabel 4.23 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 7	69
Tabel 4.24 <i>Summary</i> Perhitungan <i>Feeding Buffer</i>	69
Tabel 4.25 Perhitungan <i>Project Buffer</i>	70
Tabel 4.26 Perhitungan Maju CCPM	73
Tabel 4.27 Perhitungan Mundur CCPM	76
Tabel 4.28 Perhitungan <i>Total Float</i> CCPM	78
Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode CCPM	81
Tabel 4.30 Presentase Pemakaian Durasi <i>Project Buffer</i>	85

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Penjadwalan MS. Project CPM
LAMPIRAN B	Network Planning CPM
LAMPIRAN C	Penjadwalan MS. Project CCPM
LAMPIRAN D	Network Planning CCPM
LAMPIRAN E	Data Penjadawalan

GLOSARIUM

1. **Buffer** adalah waktu cadangan yang berfungsi untuk mengamankan proyek jika terdapat keterlambatan pada penjadwalan.
2. **Buffer Management** adalah alat digunakan untuk memonitoring jadwal ketika eksekusi, dimana *buffer* yang diawasi untuk menjaga keandalan dari jadwal proyek tetapi tidak merubah jalur kritisnya.
3. **Critical Path** adalah jalur terpanjang pada *network planning* yang memiliki durasi pengerjaan terlama.
4. **Critical Path Method** adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya berorientasi kepada jalur kritis sehingga bersifat deterministik/pasti.
5. **Critical Chain Project Management** adalah pengembangan metode *critical path method* yang membuat seorang manager proyek dapat menambahkan waktu penyangga (*buffer*) di setiap kegiatan dalam proyek tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya dan ketidakpastian proyek
6. **Earliest Finish** adalah waktu penyelesaian paling awal suatu kegiatan
7. **Earliest Start** adalah waktu mulai paling awal dari kegiatan
8. **Feeding Buffer** adalah waktu penyangga yang menghubungkan aktivitas non-*critical* dengan aktivitas kritikal. Fungsinya adalah sebagai waktu cadangan untuk jika terdapat keterlambatan pada aktivitas non-kritis
9. **Gantt Chart** adalah metode penjadwalan dimana kegiatan sebagai sumbu vertical, tanggal atau waktu sebagai sumbu horizontal dan durasi kegiatan ditunjukkan oleh grafik batang horizontal yang ditempatkan tergantung waktu mulai dan waktu selesainya
10. **Latest Finish** adalah waktu mulai paling akhir dari kegiatan
11. **Latest Start** adalah waktu penyelesaian paling akhir suatu kegiatan
12. **Multitasking** adalah mengerjakan dua atau lebih pekerjaan dalam waktu yang sama.
13. **Network Diagram** jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek.

14. **Overestimated Activity Duration** adalah penambahan durasi kegiatan oleh pihak perencana karena ingin mendapatkan untung yang lebih atau takut dikurangi oleh pelanggan.
15. **Parkinson's Law** adalah perilaku manusia yang ketidakmau menyelesaikan pekerjaan lebih cepat karena tidak mendapat hadiah jika dilakukan.
16. **Project Buffer** adalah waktu yang diletakan pada akhir dari seluruh kegiatan proyek sebagai cadangan waktu keseluruhan proyek
17. **Resource Buffer** adalah waktu candangan yang sifatnya sebagai sinyal jaga-jaga untuk sumber daya agar disiapkan terlebih dahulu ketika dibutuhkan oleh aktivitas dalam jalur kritis.
18. **Safety Times** adalah waktu aman yang ditambahkan ke dalam penjadwalan agar jadwal tidak terlambat karena banyak ketidakpastian di lapangan.
19. **Student's Syndrome** adalah perilaku manusia yang menunda-nunda pengerjaan tugas karena waktu tenggat yang masih lama.
20. **Total Float** adalah tenggang waktu yang masih dimungkinkan untuk terjadi keterlambatan selesainya pekerjaan tersebut tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek.
21. **Work Breakdown Structure** adalah pengelompokan aktivitas-aktivitas dalam proyek secara keseluruhan yang berisi volume pekerjaan, keterkaitan antar kegiatan, durasi aktivitas dan biaya yang dibutuhkan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal BC 30002 adalah jenis kapal cepat yang digunakan oleh Direktorat Bea dan Cukai untuk patroli di daerah Tanjung Balai Karimun. Kapal ini dibuat dan diserahkan oleh PT. PAL Indonesia pada tahun 2010. Setiap tahunnya kapal ini melakukan perbaikan di tempat pembuatannya. Maka sebagai galangan harus memberikan pelayanan yang terbaik dalam hasil dan kepuasan pelanggan. Untuk memperoleh tujuan tersebut, maka hal yang paling dasar adalah membuat perencanaan yang baik. Perencanaan merupakan salah satu elemen penting agar perusahaan galangan dapat mendapatkan untung yang lebih. Dalam tahap perencanaan, hal yang direncanakan berupa anggaran dana, penjadwalan dari awal sampai akhir, jam orang yang dibutuhkan, material yang digunakan. Dewasa ini sudah banyak metode yang digunakan dalam penjadwalan proyek.

Sesuai dengan penjelasan diatas, analisa yang paling sering digunakan adalah dengan metode *Critical Path Method* (CPM). CPM merupakan sebuah metode penjadwalan dengan menentukan durasi terlama dari rantai kejadian terpanjang untuk menyelesaikan sebuah proyek (PMBOK, 2013). Tetapi dalam kenyataan yang terjadi di lapangan, perencanaan dengan menggunakan metode CPM dan metode tradisional lainnya dinilai kurang efisien karena tidak mempertimbangkan produktivitas dari setiap pekerjaan di dalamnya dan masalah-masalah yang terkait akibat perilaku manusia yang condong menyebabkan adanya penambahan waktu penyelesaian proyek. Contohnya adalah perilaku manusia *student's syndrome*, *parkinson's law*, *multitasking* dan *overestimated activity durations* (Leach, 2000).

Sesuai dengan masalah diatas, dewasa ini berkembang metode baru untuk merencanakan jadwal proyek yaitu *Critical Chain Project Management* (CCPM). CCPM pertama kali diperkenalkan pada tahun 1997 oleh Goldratt. CCPM adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek. Tujuan dari penggunaan CCPM adalah meningkatkan tingkat penyelesaian proyek dengan cara

menghilangkan perilaku manusia seperti pada contoh diatas. Sehingga penyelesaian proyek akan lebih cepat dan efisien. Maka diharapkan dengan penggunaan metode ini dapat mempercepat penyelesaian proyek kedepannya dan menghemat biaya yang dikeluarkan. Sehingga dapat menaikkan mutu perusahaan di depan mata pelanggan atau pemilik kapal tanpa harus melakukan pengorbanan yang besar.

Dalam tugas akhir ini penulis akan menerapkan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) pada proyek perbaikan kapal di PT. ABC mengetahui durasi proyek dari metode yang digunakan. Hasilnya akan dibandingkan dengan metode tradisional yang biasa dipakai yaitu *Critical Path Method* (CPM).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa durasi total dan biaya tenaga kerja langsung yang didapat dari penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dalam proyek perbaikan kapal?
2. Berapa durasi total dan biaya tenaga kerja langsung yang didapat dari penerapan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dalam proyek perbaikan kapal?
3. Manakah hasil dengan durasi yang paling cepat antara *Critical Path Method* dan *Critical Chain Project Management*?

1.3. Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung durasi total yang dan biaya tenaga kerja langsung didapat dari penerapan *Critical Path Method* (CPM) dalam proyek perbaikan kapal.
2. Menghitung durasi total dan biaya tenaga kerja langsung yang didapat dari penerapan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dalam proyek perbaikan kapal.
3. Menentukan durasi proyek tercepat dari hasil analisis menggunakan metode CPM dan CCPM.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapat adalah memberikan solusi kepada perusahaan dalam usaha mengoptimalkan waktu pengerjaan proyek perbaikan kapal dengan metode CCPM. Serta dapat memberikan informasi mengenai waktu yang dapat dipertimbangkan dalam proses perbaikan kapal.

1.5. Batasan Masalah

Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi pelaksanaan perbaikan baru suatu kapal dan karena adanya keterbatasan-keterbatasan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini maka diperlukan pembatasan masalah agar penulisan ini menjadi terarah dan jelas. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan yang dimasukkan ke dalam penjadwalan berupa : *general service*, pekerjaan tangki *storage tank – steering compartment*, sistem propulsi (konstruksi, *stern tube packing*, *rudder*, *propeller*, *shaft propeller*), pekerjaan lambung kapal bawah garis air, lambung kapal *topside* dan *bulwark*, pekerjaan *seachest valve auxiliary room*, dan *main engine*
2. Tidak membahas mengenai analisa resiko pada *buffer management*
3. Analisa anggaran hanya menghitung biaya tenaga kerja langsung
4. Tidak menganalisa *resource buffer*

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan pembahasan dimana setiap pembahasan disusun menjadi beberapa bab tersendiri. Sistematika pembahasan dapat dijelaskan sebagai berikut. Bab I memberikan uraian tentang latar belakang masalah, rumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan, dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

Bab II memberikan penjelasan mengenai dasar-dasar teori yang berhubungan dengan proses reparasi kapal, prinsip-prinsip dasar CPM & CCPM, proses penggunaan metode CCPM, serta keunggulan CCPM dibanding CPM. Bab III menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir penelitian. Tahapan yang dimaksud adalah penentuan latar belakang masalah, studi kepustakaan, pengumpulan data,

analisa data meliputi tahap pembuatan model simulasi, tahap simulasi dan analisis, serta pembahasan hingga pada akhirnya akan diambil suatu kesimpulan.

Bab IV menjelaskan tentang pembahasan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini, dibahas mengenai jadwal pengerjaan proyek dengan menggunakan metode CPM yang dilanjutkan dengan penjadwalan menggunakan metode CCPM lalu dibandingkan hasilnya. Bab V berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa yang dilakukan serta pemberian saran-saran, baik untuk peningkatan kinerja perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Kapal sebagai alat transportasi pastinya akan mengalami kerusakan. Maka dari itu suatu saat akan dilakukan perbaikan. Menurut BKI (2016) perbaikan sebaiknya dilakukan satu tahun sekali agar kinerja kapal tetap terjaga. Sebelum melakukan proses perbaikan, penjadwalan harus dirancang sebaik mungkin agar tujuan utama dapat tercapai dengan biaya, sumber daya dan waktu dihabiskan secara optimal (Soeharto, 1998). Oleh karena itu metode perencanaan proyek harus dilakukan sebaik-baiknya.

Dalam kenyataannya, metode-metode yang biasa dipakai saat ini yaitu *Critical Path Method* masih menuai permasalahan. Menurut Goldrat (1997) diantaranya adalah ketidak sesuaiannya rencana dengan realita di lapangan. Permasalahan-permasalahan yang dialami seperti *student's syndrome*, *parkinson's law*, dan *multitasking*. Untuk menghilangkan masalah tersebut, diaplikasikan sebuah metode baru yang bernama *Critical Chain Project Management*. CCPM adalah metode yang mengembangkan konsep CPM dengan tujuan memaksimalkan kinerja dengan cara mengurangi durasi dari setiap aktivitas di dalam proyek yang masih memasukan *safety time* (Leach, 2000).

Pengurangan tersebut bertujuan agar pekerja akan bekerja lebih efektif dan tidak menunda-nunda pekerjaannya. Tetapi pengurangan durasi tersebut akan menambah resiko terhadap keterlambatan pekerjaan dari waktu yang telah ditentukan (Valikoniene, 2014). Maka dari itu, dalam metode ini dimasukan *buffer* atau waktu penyangga yang bertujuan untuk mengamankan proyek dari keterlambatan. *Buffer* ada tiga jenis berdasarkan penempatannya pada aktivitas dalam suatu proyek yaitu: *project buffer*, *feeding buffer*, dan *resource buffer* (PMBOK, 2013). Pembahasan dalam tugas akhir ini adalah penggunaan metode *critical chain management* dalam proyek perbaikan kapal.

Penelitian mengenai penjadwalan proyek ini sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu diantaranya sebagai berikut:

Ayu (2011) dan Triaditya (2015) melakukan penelitian mengenai percepatan jadwal pembangunan kapal baru menggunakan metode CPM/PERT. Dalam penelitian ini, data dianalisa untuk mendapatkan jalur kritis dengan CPM lalu dipercepat penjadwalannya dengan metode PERT. Percepatan dilakukan karena proyek tersebut sudah mengalami keterlambatan. Selain itu, di Analisa pula resiko akibat percepatan yang dilakukan. Triaditya (2015) menggunakan proyek perbaikan kapal sebagai objek penelitiannya.

Aulady dan Orleans (2016) dan Shurrab (2015) meneliti mengenai perbedaan antara metode *critical path method* dan *critical chain management* dalam pengaplikasiannya di proyek pembangunan. Langkah yang dilakukan adalah mencari jalur kritis dengan menggunakan CPM lalu dimodifikasi memakai CCPM dan dibandingkan durasi total proyek tersebut. Dari hasil yang didapat, durasi proyek yang menggunakan CCPM menghasilkan waktu yang lebih singkat dibanding CPM.

Hapsari (2016) melakukan penelitian dengan penerapan *lean project management* dalam proyek yang didalamnya dilakukan pengidentifikasian *waste*, resiko dan estimasi kebutuhan proyek pembangunan gedung SDN Bektiharjo II, Semanding, Tuban. Estimasi waktu dilakukan dengan metode CPM dan CCPM. Hasilnya durasi proyek yang menggunakan CCPM lebih cepat satu hari dibandingkan CPM. Dari hasil tersebut dilakukan Analisa resiko terhadap biaya proyek dengan menambahkan tinjauan jam orang.

Stratton (2009) meneliti tentang pemanfaatan dan pengembangan metode CCPM dalam dunia manajemen proyek. Dalam penelitian tersebut, ada beberapa contoh kasus yang dikerjakan dengan tingkat kesusahan yang berbeda-beda. Valikoniene (2014) melakukan Pengembangan yang dilakukan selain dengan menambahkan komentar-komentar para ahli dalam dasar teori, juga merubah konsep *resource buffer* yang hanya dikenal sebagai peringatan karena tidak memasukan factor waktu berbeda dari jenis *buffer* lainnya. Langkah yang dilakukan adalah memasukan *buffer* tersebut di dalam penjadwalan karena *resource buffer* turut membantu dalam mengurangi durasi total proyek ketika sudah masuk tahap eksekusi. Keputusan untuk memasukan *resource buffer* harus berdasarkan Analisa finansial untung dan rugi dari tindakan tersebut.

Ramanda dan Arvianto (2014) melakukan penelitian tentang penerapan metode *critical chain* untuk mengatasi masalah multi proyek dengan keterbatasan sumber daya di PT. Berkat Manunggal Jaya. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengontrol banyak proyek yang memiliki konflik sumber daya menggunakan *buffer* sehingga mudah untuk mengontrol masing-masing proyek. Hasilnya, didapat durasi yang lebih singkat dibandingkan menggunakan metode CPM. Penelitian ini dibantu dengan *software* Microsoft Project untuk memudahkan mencari lintasan kritis.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Kapal BC 30002 FPB 38 Alumunium

Pada tugas akhir ini proyek perbaikan kapal yang digunakan adalah proyek perbaikan kapal BC 30002 FPB 38 Alumunium. Kapal ini dimiliki oleh Kementrian Keuangan Republik Indonesia untuk memperkuat armada Bea dan Cukai. Dibuat dan diserahkan oleh PT. PAL Indonesia pada tahun 2010 dan berfungsi sebagai kapal patroli di daerah Tanjung Balai Karimun (Kementrian Keuangan RI, 2010) . Kapal ini sedang melakukan perbaikan *Intermediate* serta survei perbaikan kelas pada Oktober 2016 sampai Desember 2016 di PT. ABC. Perbaikan ini bertujuan untuk memperbaharui bagian-bagian kapal yang dirasa sudah rusak dan harus diganti. Ukuran utama Kapal BC 30002 FPB 38 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Ukuran Utama Kapal BC 30002

Ukuran Utama	
<i>Length Over All (LOA)</i>	42 m
<i>Length per Pendicular (LPP)</i>	38 m
<i>Breadth (B)</i>	7.3 m
<i>Height (H)</i>	4.47 m
<i>Draft (T)</i>	1.85 m
<i>Speed (Vmax)</i>	30 knot



Gambar 2.1. Kapal Patroli BC 30002 (Sumber: bisot.wordpress.com)

2.2.2. Perbaikan Kapal

Kapal sebagai transportasi laut akan mengalami kerusakan baik pada hull, konstruksi maupun peralatan peralatan yang ada pada kapal yang disebabkan oleh operasi kapal. Kerusakan ini dapat berdampak pada lingkungan maupun menimbulkan kecelakaan. Oleh karena itu untuk menstabilkan kondisi kapal agar dalam operasional kapal tetap optimal serta kondisi konstruksi maupun peralatan yang terdapat didalam kapal sebagai suatu system pendukung maupun inti tetap baik serta sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh pihak klasifikasi perlu dilakukan perawatan dan perbaikan secara rutin dan berkala.

Menurut BKI Vol. 1 (2016), ada dua jenis survei untuk perbaikan kapal yaitu antara lain:

1. Survey Periodik

Berdasarkan jangka waktu yang diberikan oleh BKI, survey docking kapal dibagi menjadi beberapa jenis:

a. Survey Tahunan (*Annual Survey*)

Survey tahunan dilakukan untuk lambung dan permesinan yang termasuk sistem kelistrikan dilakukan setiap 12 bulan dari tanggal awal berlakunya kelas. Adapun dilakukan minimum 3 bulan sebelum berlakunya kelas dan maksimal 3 bulan sesudah periode 1 tahun berlakunya kelas.

b. Survei Intermediate (*Intermediete Survey*)

Survei ini dilaksanakan saat 2.5 tahun setelah kapal jadi dan setiap pembaharuan kelas dan dalam kasus *seagoing ships* akan dilakukan diantara survei tahunan kedua dan ketiga.

c. Survei Pembaharuan Klas (*Class Renewal Survey*)

Survei ini dilakukan pada lambung, mesin dan sistem kelistrikan dengan tujuan untuk memperbarui lisensi klas dari suatu kapal. Survei ini dilakukan setiap survei tahunan yang ke-empat dan dimulai setelah berakhirnya survei tahunan ketiga dan biasanya berlangsung selama 15 bulan.

d. Survei Periodik Untuk Sistem Propulsi

Untuk survei ini tergantung bagian yang akan dilakukan perawatan.

e. Survei Periodik untuk Permesinan

2. Survei Non-Periodik

Survei yang tidak dilakukan dalam rentang waktu tertentu, survey ini meliputi:

a. *Damage and Repair Survey*

Survei ini dilakukan hanya bila terjadi kecelakaan pada lambung, mesin, sistem kelistrikan kapal yang dikelaskan yang dapat mempengaruhi efek dari keabsahan kelas

b. *Voyage Repairs and Maintenance*

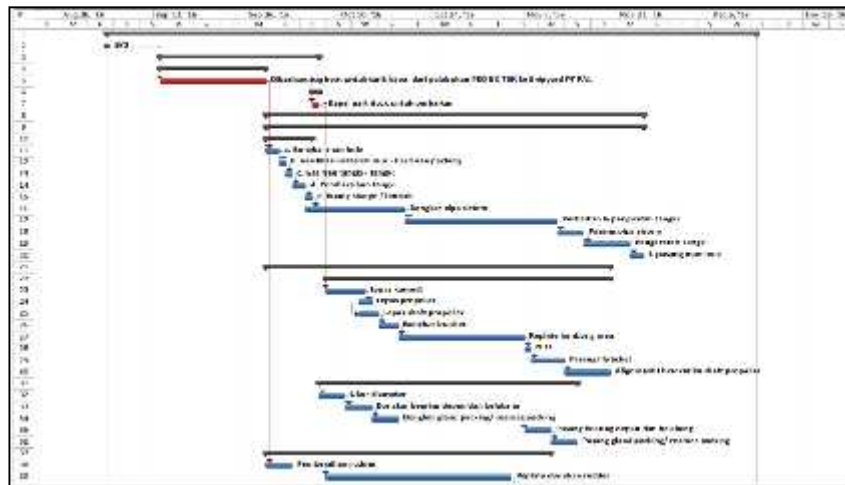
Survei perbaikan ini dapat dilakukan apabila terjadi kecelakaan atau kerusakan peralatan tetapi bisa dikerjakan oleh awak kapal ketika sedang bekerja atau dalam perjalanan.

c. *Conversion Survey*

Dalam konversi kapal dengan contoh kapal tanker ke FPSO, survei harus dilakukan kepada bagian-bagian yang dikelaskan.

2.2.3. Metode Gantt Chart

Metode ini digunakan pada *software* Microsoft Project juga dapat dikenal sebagai *bar charts*. Mewakili informasi penjadwalan dimana kegiatan sebagai sumbu vertical, tanggal atau waktu sebagai sumbu horizontal dan durasi kegiatan ditunjukkan oleh grafik batang horizontal yang ditempatkan tergantung waktu mulai dan waktu selesainya. *Gantt charts* sangat mudah untuk di baca dan sering sekali digunakan pada presentasi di bidang manajemen.



Gambar 2.2. Contoh Pengaplikasian Metode Gantt Chart

Gantt charts merupakan suatu alat yang sangat bermanfaat dalam merencanakan penjadwalan dalam memantau kegiatan pada suatu proyek, mengkomunikasikan kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan dan juga status pelaksanaannya. Dalam metode ini juga dapat dilihat urutan kegiatan ataupun tugas yang harus dilakukan berdasarkan prioritas dan waktu yang ditentukan.

2.2.4. Network Planning

2.2.4.1. Definisi Network Planning

Teknik-teknik manajemen yang digunakan terdapat salah satu teknik yang biasa digunakan dalam perencanaan dan pengawasan proyek. Salah satunya adalah menggunakan *network planning*. Menurut Somantri (2005), *network planning* adalah satu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan.

Pengertian tersebut menyimpulkan bahwa *network planning* adalah suatu perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan ketergantungan antara tiap pekerjaan yang digambarkan dalam diagram *network*.

2.2.4.2. Manfaat *Network Planning*

Somantri (2005), mengemukakan manfaat *network planning* bagi suatu proyek antara lain :

- Perencanaan suatu proyek yang kompleks.
- *Schedulling* pekerjaan-pekerjaan sedemikian rupa dalam urutan praktis dan efisien.
- Mengadakan pembagian kerja dari tenaga kerja dan dana yang tersedia.
- *Schedulling* ulang untuk mengatasi hambatan-hambatan dan keterlambatan.
- Menentukan *trade-off* (kemungkinan pertukaran) antara waktu dan biaya.
- Menentukan probabilitas penyelesaian proyek.

2.2.4.3. Kegunaan *Network Planning* dalam Manajemen Proyek

Dari segi penyusunan jadwal, *network planning* dipandang sebagai salah satu langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terjawab seperti :

- Berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek ?
- Kegiatan-kegiatan mana yang bersifat kritis dan hubungannya dengan penyelesaian proyek ?
- Bila terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan ?
- Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki komponen, dengan hubungan ketergantungan yang kompleks
- Membuat perkiraan jadwal yang paling ekonomis.
- Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya.

2.2.4.4. Pengertian Kegiatan, Peristiwa dan Lintasan Kritis

Pada hakikatnya kegiatan adalah proses interaksi *input* yaitu sumber daya dengan keterampilan untuk menghasilkan *output* berupa produk tertentu. Jadi,

dapatlah dikatakan bahwa kegiatan merupakan suatu sistem. Soeharto (1998) mengatakan bahwa kegiatan merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang dilaksanakan ; kegiatan mengkonsumsi waktu dan sumber daya serta mempunyai waktu dimulai dan waktu berakhir.

Pendapat diatas dapat ditarik kesimpulan jika jaringan kerja memecah jaringan proyek menjadi kegiatan-kegiatan, dimana kegiatan-kegiatan tersebut memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Memerlukan waktu dan sumber daya.
- Waktu dimulai dan berakhir dapat diukur dan diberi tanda.
- Dapat berdiri sendiri atau dikelompokkan menjadi paket atau SKR (struktur rincian lingkungan kerja).

Akan tetapi yang harus menjadi perhatian dalam pengelolaan proyek adalah lintasan kritis, hal ini dikarenakan keterlambatan kegiatan kritis dapat memperpanjang waktu penyelesaian seluruh proyek. Somantri (2005) mendefinisikan lintasan kritis merupakan lintasan dengan jumlah waktu yang paling lama dibandingkan dengan semua lintasan lain yang mungkin. Jumlah waktu dalam lintasan kritis sama dengan umur proyek.

Pengertian diatas dapat diketahui jika diantara kegiatan, peristiwa dan lintasan kritis saling berhubungan. Dimana jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama hingga kegiatan terakhir proyek.

2.2.4.5. Beberapa Ketentuan dalam *Network Planning*

Somantri (2005) mengemukakan ketentuan dalam *network planning* sebagai berikut :

- Dalam penggambarannya, *network planning* harus jelas dan mudah dibaca.
- Harus dimulai dan diakhiri pada *event*/ kejadian.
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang dapat digambarkan dengan garis lurus atau garis putus-putus.
- Sedapat mungkin terjadinya perpotongan antar anak panah.
- Diantara dua kejadian hanya boleh ada satu anak panah.
- Penggunaan kegiatan semua menggunakan garis putus-putus dan jumlahnya seperlunya saja

2.2.4.6. Simbol-Simbol dalam *Network Planning*

Network diagram berupa jaringan kerja yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek. Dengan *network diagram* dapat dilihat kaitan satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya, juga dapat diketahui lintasan mana yang kritis.

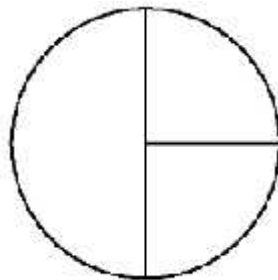
Menurut Somantri (2005) untuk dapat membaca baik suatu diagram jaringan kerja perlu dijelaskan pengertian dasar hubungan antar simbol yang ada. Simbol-simbol tersebut adalah sebagai berikut :

1. Anak Panah

Anak panah menggambarkan kegiatan (activity). Arah anak panah menunjukkan arah kegiatan ataupun kegiatan yang mengikutinya.

2. Lingkaran

Lingkaran menggambarkan peristiwa (event). Setiap kejadian pasti dimulai dengan peristiwa juga, yaitu peristiwa mulainya kegiatan dan selesainya kegiatan tersebut. Untuk membedakan peristiwa satu dengan lainnya, maka setiap peristiwa diberi nomor. Penomoran biasanya dilakukan secara *ascending order*, yaitu dari nomor kecil ke nomor yang lebih besar. Penomoran yang memiliki jarak akan lebih baik, karena memberikan keleluasaan apabila perlu menyisipkan suatu kegiatan tambahan.



Gambar 2.3. Lingkaran Kegiatan (Sumber: Somantri, 2005)

3. Anak panah putus-putus (*Dummy*)

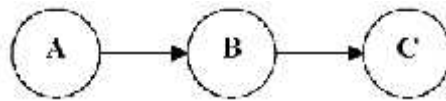
Anak panah putus-putus melambangkan hubungan antar peristiwa. Cara menggambarinya sama dengan cara menggambarkan anak panah biasa. Hubungan antara peristiwa tidak perlu diperhitungkan dan karenanya tidak memiliki nama dalam perhitungan waktu, suber daya dan ruangan, lamanya

dihitung sama dengan nol, tetapi harus ada (bila diperlukan) untuk menyatakan logika ketergantungan kegiatan.

2.2.4.7. Hubungan Antar Kegiatan

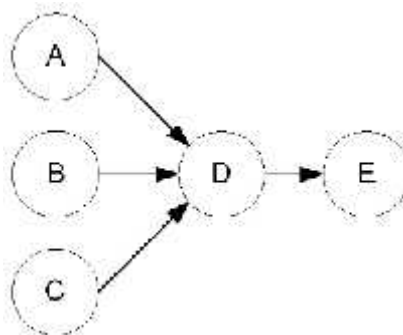
Hubungan antar kegiatan ini menurut Somantri (2005) dinyatakan sebagai berikut:

1. Kejadian B baru dapat dimulai sesudah Kejadian A selesai dikerjakan (hubungan seri).



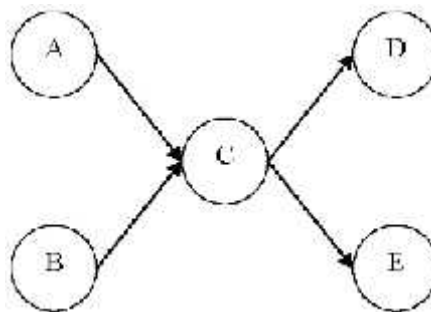
Gambar 2.4. Hubungan antar kejadian 1 (Sumber: Somantri, 2005)

2. Setelah kejadian ABC selesai, baru kejadian D dapat dimulai.



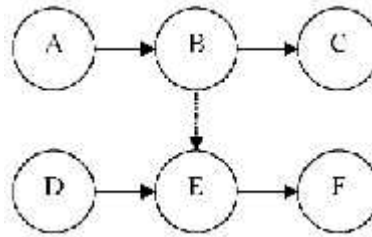
Gambar 2.5. Hubungan antar kejadian 2 (Sumber: Somantri, 2005)

3. Kejadian C dapat dimulai ketika kejadian A dan B selesai kemudian kejadian D dan E dapat dimulai ketika kejadian C telah selesai.



Gambar 2.6. Hubungan antar kejadian 3 (Sumber: Somantri, 2005)

4. Atau bisa juga ditambahkan *dummy* agar *network diagram* lebih rapi



Gambar 2.7. Contoh penggunaan dummy (Sumber: Somantri, 2005)

2.2.5. *Critical Path Method*

Analisis dengan menggunakan *Network* dapat membantu dalam menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Disamping itu, *Network* dengan menggunakan *Critical Path Methode* (CPM) dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan. CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti. Metode ini dapat diharapkan dapat mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek (Soeharto, 1998).

Menurut PMBOK (2013) suatu proyek dapat dikatakan sukses bila mampu memenuhi ruang lingkup proyek (*scope*) menyelesaikan proyek dengan tepat waktu atau lebih singkat dari waktu yang telah disepakati, dan menghemat dana yang tersedia secara bersamaan. Pendekatan menggunakan *critical path method* memberikan mekanisme dalam mengidentifikasi dan sesuatu yang kritis dalam kondisi ketidakpastian proyek. Metode ini memungkinkan untuk mengantisipasi kondisi ketidakpastian dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek.

Menurut Triaditya (2015), beberapa keuntungan menggunakan metode CPM adalah:

1. Meningkatnya tingkat kesuksesan proyek
2. Proyek berjalan tepat waktu
3. Proyek terselesaikan dengan biaya dibawah yang dianggarkan
4. Mengurangi durasi proyek
5. Penyederhanaan manajemen proyek
6. Peningkatan pencapaian proyek dengan jumlah resource yang sama

CPM memberikan berbagai informasi penting mengenai spesifik proyek, yaitu:

1. Total waktu untuk menyelesaikan proyek
2. Awal dijadwalkan dan tanggal selesai setiap tugas yang berkaitan dengan selesainya proyek.
3. Lintasan "kritis" dalam proyek dan harus diselesaikan persis seperti yang dijadwalkan.
4. Tenggang waktu yang tersedia dalam non-tugas penting, serta berapa lama mereka dapat ditunda sebelum kegiatan tersebut mempengaruhi tanggal selesai proyek.

Jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network planning* sehingga memiliki durasi pengerjaan terpanjang. Dari sini dapat diketahui waktu yang dapat dipersingkat untuk menyelesaikan proyek. setiap keterlambatan kegiatan pada jalur kritis langsung berdampak pada penyelesaian proyek yang telah direncanakan. Total jangka waktu yang lebih pendek dari jalur kritis disebut sub-kritis atau non-kritis (Triaditya, 2015).

Dalam CPM dianalisa kegiatan apa saja yang memiliki paling sedikit fleksibilitas penjadwalan, yaitu yang paling *mission critical*, kemudian diprediksi jadwal durasi proyek berdasarkan kegiatan yang jatuh sepanjang “jalur kritis”. Kegiatan yang terletak di sepanjang jalur kritis tidak dapat ditunda atau waktu penyelesaian untuk keseluruhan proyek akan tertunda juga. Tidak hanya perencanaan penyusunan jadwal, CPM juga membantu dalam perencanaan sumber daya (Triaditya, 2015).

2.2.5.1. Perhitungan Jalur Kritis

Perhitungan mencakup 2 tahap. Tahap pertama disebut perhitungan maju, dimana perhitungan dimulai dari *node* “awal” dan bergerak ke *node* “akhir”. Di setiap *node*, sebuah nilai dihitung yang mewakili waktu tercepat untuk suatu kejadian yang bersangkutan. Tahap kedua yang disebut perhitungan mundur, dimana perhitungan dimulai dari *node* “akhir” dan bergerak ke *node* “awal”.

2.2.5.2. Perhitungan Maju

Pada perhitungan maju dimaksudkan untuk menghitung saat yang paling awal terjadinya dan penyelesaian kegiatan suatu proyek. Waktu mulai paling awal EET (*Earliest Event Time*) suatu kegiatan dapat didapatkan dari persamaan 2.1 (Soeharto, 1998):

$$EF_{(i-j)} = ES_{(i-j)} + t \quad (2.1)$$

Dimana :

EF_j = waktu penyelesaian paling awal suatu kegiatan j

ES_j = waktu mulai paling awal dari kegiatan j

t_j = durasi dari kegiatan j

Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu paling awal (EF) yang teresar dari kegiatan terdahulu.

2.2.5.3. Perhitungan mundur

Pada perhitungan mundur dimaksudkan untuk menghitung saat yang paling akhir penyelesaian dan terjadinya dari kegiatan suatu proyek. Waktu penyelesaian paling akhir LF (*Latest Event Time*) suatu kegiatan i didapatkan dari persamaan 2.2 (Soeharto, 1998):

$$LS_{(i-j)} = LF_{(i-j)} - t \quad (2.2)$$

Dimana:

LS_j = waktu mulai paling akhir dari kegiatan j

LF_j = waktu penyelesaian paling akhir suatu kegiatan j

t = durasi dari kegiatan j

Dari hasil persamaan-persamaan diatas maka jalur kritis sebuah kegiatan dapat ditentukan apabila memenuhi tiga kondisi sebagai berikut:

ES = LS

$$EF = LF$$

$$LF - ES = \text{Durasi Kegiatan}$$

2.2.5.4. Menghitung *Total Float*

Menurut Somantri (2005), *total float* adalah tenggang waktu yang masih dimungkinkan untuk terjadi keterlambatan selesainya pekerjaan tersebut tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Adapun persamaan untuk mencari *total float* sebagai berikut

$$\text{Total Float} = EF - LF \quad (2.3)$$

Dimana:

EF = *Earliest Finish*

LF = *Latest Finish*

Dari persamaan diatas, maka jalur ciri-ciri suatu kegiatan berada dalam jalur kritis adalah ketika besarnya $TF = 0$.

2.2.6. *Critical Chain Project Management*

Metode *Critical Chain* adalah metode yang membuat seorang manager proyek dapat menambahkan waktu penyangga (*buffer*) di setiap kegiatan dalam proyek tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya dan ketidakpastian proyek. Metode ini adalah perkembangan dari *Critical Path Method* dan mempertimbangkan efek akibat pemindahan sumber daya, optimalisasi sumber daya, pembagian sumber daya dan durasi dari kegiatan dari jalur kritis yang ditentukan dengan *Critical Path Method*. Untuk mewujudkannya, CCPM menggunakan konsep *buffer* dan *buffer management*. CCPM menggunakan kegiatan yang didalamnya tidak dimasukan *safety time* atau waktu aman tetapi menggantinya dengan *buffer time* atau waktu cadangan. *Buffer Time* terdiri dari *feeding buffer* dan *project buffer*. *Feeding buffer* adalah waktu penyangga yang menghubungkan aktivitas non-critical dengan aktivitas critical. Fungsinya adalah sebagai waktu cadangan untuk jika terdapat keterlambatan pada aktivitas non-kritis. *Project Buffer* adalah waktu cadangan yang diletakan pada akhir dari seluruh kegiatan proyek sebagai cadangan waktu keseluruhan proyek (PMBOK, 2013).

2.2.6.1. Langkah – Langkah Metode CCPM

Valikoniene (2014) menyimpulkan bahwa metode CCPM mempunyai lima langkah berdasarkan TOC (*Theory of Constraint*) antara lain:

1. Mengidentifikasi *Critical chain*. *Critical chain* adalah batasan mulai hingga berakhirnya sebuah proyek. Untuk mengidentifikasinya langkah-langkah berikut harus dilakukan:
 - a. Mengembangkan dasar utama dari sebuah proyek. Langkah ini sama seperti metode CPM
 - i. Tentukan tujuan dari proyek tersebut. rencanakan anggaran, durasi dan kebutuhan konsumen
 - ii. Tentukan aktivitas yang dilakukan sesuai dengan *work-breakdown-strukture*
 - iii. Tentukan keterkaitan antara aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut untuk mendapatkan durasi total. Untuk lebih mudahnya sesuaikan dengan pendekatan *as-late-as-possible*
 - iv. Estimasi durasi, biaya dan sumber daya yang dibutuhkan setiap aktivitas
 - v. Cari *critical chain* sama seperti metode CPM tetapi ditambahkan pertimbangan sumber dayanya.
2. Memutuskan bagaimana untuk mengeksploitasi rantai kritis. Untuk lebih jelasnya ikuti langkah-langkah berikut:
 - a. Mengurangi durasi dari masing-masing aktivitas
 - b. Memasukan *project buffer*
3. Subordinat pekerjaan lain, jalan, dan sumber daya ke rantai kritis
 - a. Masukan *feeding buffer*
 - b. Lakukan penjadwalan ulang setelah memasukan *feeding buffer*
 - c. Masukan *resource buffer*
4. Mengembangkan *critical chain*. Jika penjadwalan yang dibuat dirasa belum memuaskan, maka rantai kritis harus dikembangkan. Pengembangan ini mencakup penambahan sumber daya, merubah runtutan aktivitas, merubah peralatan dan material, untuk menyalurkan sumber daya dari aktivitas non-kritis ke aktivitas kritis, menambahkan jam lembur dan lain-lain

2.2.6.2. Permasalahan Akibat Perilaku Manusia

Proyek pada umumnya dikerjakan dalam lingkungan yang dinamis. Memang tidak mungkin jika seseorang dapat memprediksi secara tepat berapa durasi proyek yang dibutuhkan. Ketepatan dalam mengestimasi banyak tergantung oleh derajat ketidakpastian.

Berdasarkan ketidakpastian tersebut, *safety time* harus ditambahkan dalam semua aktivitas dalam proyek guna menjaga dari resiko keterlambatan. Tetapi tambahan waktu itu berdampak meningkatnya durasi total sebuah proyek. Sehingga harus sesedikit mungkin memasukan tambahan waktu. Ketika menambahkan tambahan waktu, muncul beberapa permasalahan baru. Pada metode CPM masalah perilaku manusia ini hanya dihiraukan, dalam metode CCPM permasalahan tersebut akan di hilangkan baik saat tahap perencanaan maupun pada saat eksekusi karena akan berdampak besar bagi kelangsungan proyek. Diantaranya adalah *Student's Syndrome*, *Parkinson's Law*, *Multitasking*, dan *Overestimated Activity duration* (Valikoniene, 2014).

1. *Student's Syndrome*

Sesuai dengan namanya, *student's syndrome* berlandaskan dari perilaku seorang siswa yang selalu mengerjakan tugasnya pada malam sebelum waktu pengumpulan. Menurut Goldratt (1997) sudah sewajarnya semua manusia akan menunda pekerjaannya sampai saat sudah terdesak. Karena sudah mengetahui waktu aman (*safety time*) dari pekerjaan tersebut maka lebih baik mengerjakan sesuatu yang prioritasnya lebih tinggi dan tentu saja lebih mendesak.

Para ahli metode CCPM mengungkapkan bahwa menghapus *safety time* dari durasi aktivitas akan menghilangkan *student's syndrome*, jika tidak ada waktu yang bisa diisi maka pekerjaan harus diselesaikan secepat-cepatnya.

2. *Parkinson's Law*

Menurut Aulady (2016) contoh yang menggambarkan adalah sebagai berikut, sebuah proyek tradisional ditekankan untuk tidak terlambat, namun para pekerja tidak mendapat promosi bila dapat menyelesaikan proyek lebih cepat dari tenggat waktu yang ditentukan. Kenyataan ini

mendorong efek dari *hidden safety*, *student's syndrome* dan *parkinson's law*.

3. *Multitasking*

Kebiasaan yang paling sering dilakukan ketika mengerjakan dua atau lebih tugas sekaligus, yaitu berganti pekerjaan tetapi pekerjaan sebelumnya belum selesai. Alasan kenapa masalah ini sering dilakukan adalah untuk terlihat lebih baik di hadapan atasan dan menyenangkan pelanggan. *Multitasking* mengakibatkan berkurangnya produktivitas dan menurunnya kualitas dari hasil pekerjaan seseorang yang dapat berujung kehilangan pekerjaan (Valikoniene, 2014).

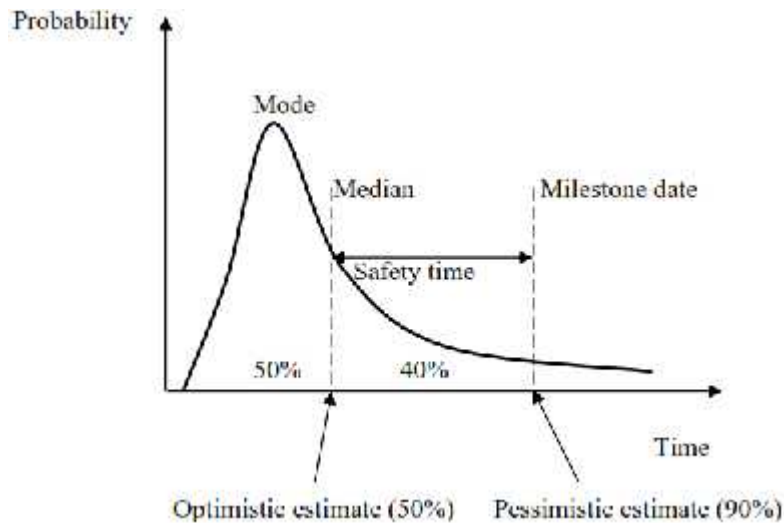
4. *Overestimated Activity Durations*

Ketika merencanakan durasi pengerjaan, terkadang manager proyek menanyakan langsung kepada pekerja biasanya berapa lama untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan. Hasilnya pasti akan selalu lebih lama dibandingkan dengan kenyataan sebelumnya. Alasan dari hal tersebut adalah ketika sebuah jadwal proyek telah selesai dibuat dan akan diberikan kepada pelanggan, biasanya jadwal atau durasi akan dikurangi sebabnya akan merugikan pelanggan. Maka dari itu pihak perencana akan menambah durasi berkali lipat dari yang seharusnya supaya bisa mendapatkan keuntungan yang lebih (Valikoniene, 2014).

2.2.6.3. Pengurangan Durasi Kegiatan

CCPM mengendalikan beberapa permasalahan dengan memasukan *buffer* ke dalam jadwal proyek. Berbeda dengan metode tradisional yang menambahkan *safety time* ke dalam masing-masing kegiatan. Metode ini mengurangi durasi proyek dengan membuang *safety time* dari masing-masing kegiatan di dalam jadwal.

Leach (2000) menyatakan bahwa pengurangan durasi didapat dari nilai tengah atau median dari setiap kegiatan. Yaitu sebesar 50/50 kemungkinan untuk selesai lebih awal atau menjelang waktu tenggat. Untuk lebih jelas lihat gambar 2.2.



Gambar 2.8. Distribusi durasi dalam aktivitas (Sumber: Valikonienė, 2014)

2.2.6.4. Tipe - Tipe *Buffer*

Pengurangan durasi aktivitas pada metode ini menyebabkan resiko keterlambatan semakin besar. Maka dari itu, *buffer* atau waktu penyangga harus diaplikasikan agar kegiatan tidak terlambat. *Buffer* ditambahkan kedalam waktu proyek yang durasi aktivitasnya dikurangi sehingga dihasilkannya jadwal yang lebih aman. Menurut Leach (2000) di dalam lingkungan proyek tunggal ada tiga tipe *buffer*, yaitu:

1. *Project Buffer*

Seperti yang telah disebutkan pada penjadwalan proyek tradisional, *safety time* dimasukan ke dalam beberapa kegiatan, pada metode CCPM *safety time* tersebut digabung menjadi *Project Buffer*. *Buffer* ini ditambahkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir dari penyelesaiannya.

2. *Feeding Buffer*

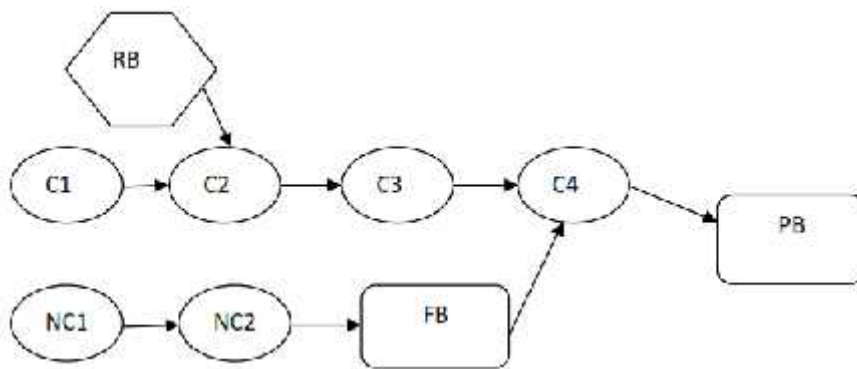
Feeding buffer dimasukan untuk melindungi kegiatan jalur kritis akibat terlambatnya kegiatan-kegiatan non jalur kritis. *Buffer* ini dimasukan pada akhir kegiatan-kegiatan non kritis.

3. *Resource Buffer*

Resource buffer adalah satu-satunya *buffer* yang sifatnya non-waktu. Fungsinya sebagai sinyal, mekanisme jaga-jaga untuk sumber daya agar

disiapkan terlebih dahulu ketika dibutuhkan oleh aktivitas dalam jalur kritis. *Resource buffer* dimasukan ke dalam kegiatan ketika aktivitas jalur kritis memelurkan sumber daya yang jenisnya berbeda.

Gambar 2.3 mendemonstrasikan penggunaan *buffer* atau waktu penyangga di dalam metode CCPM. *Feeding Buffer* (FB) ditempatkan pada poin aktivitas non-kritikal bertemu dengan aktivitas kritis. *Resource Buffer* (RB) dimasukan sebelum aktivitas kritis C2, karena aktivitas tersebut memelurkan sumber daya yang berbeda dari aktivitas C1. *Project buffer* (PB) ditempatkan pada akhir dari proyek.

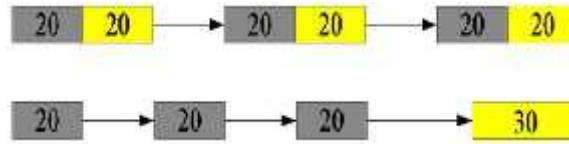


Gambar 2.9. Buffer pada CCPM (Sumber: Valikonienė, 2014)

2.2.6.5. Menentukan Besarnya Nilai *Buffers*

Untuk menentukan besarnya *buffer*, ada 2 metode yang bisa digunakan yaitu dengan *copy and paste method* (C&PM) dan *root square error method* (RSEM), atau yang disebut juga *the sum of the square* (SSQ). Goldratt (1997) mengemukakan bahwa penggunaan 50% dari *safety time* yang dibuang digunakan untuk *project buffer*, dan 50% dari *safety time* yang dibuang dari kegiatan non kritis terpanjang menjadi *feeding buffer*.

Contoh dapat dilihat pada gambar 2.4, dalam rantai kritis dengan tiga aktivitas, setia tugas dengan *safety time* 20, yang berasal dari pemotongan sebesar 50% dari aktivitas keseluruhan waktu kerja 40, dan *project buffer* mempunyai nilai 30 sebagai ukuran *buffer* yang ditambahkan pada akhir rantai kritis yang mempunyai durasi 60 (Ramanda dan Arvianto 2014).



Gambar 2.10. Contoh perhitungan *buffer* menggunakan metode C&PM

(Sumber: Ramanda & Arvianto, 2014)

Metode lain yang digunakan untuk mencari nilai *buffer* adalah *root square error method* (RSEM). Metode ini mengaplikasikan dua estimasi dari masing-masing aktivitas: waktu keluatan terburuk adalah estimasi aman dari 100% kemungkinan (S_i) dan waktu optimis adalah estimasi yang besarnya 50% dari nilai estimasi aman (A_i). Perbedaan dari kedua estimasi adalah durasi aman kegiatannya. Besarnya nilai *buffer* didapatkan dengan menyelesaikan persamaan 2.3 (Newbold, 1998):

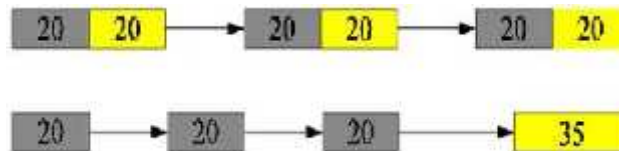
$$Buffer\ Size = 2 \times \sqrt{\frac{S_1 - A_1}{2}^2 + \frac{S_2 - A_2}{2}^2 + \dots + \frac{S_n - A_n}{2}^2} \quad (2.4)$$

Dimana:

S_i = waktu aman

A_i = waktu optimis

Dimana n adalah banyaknya aktivitas dalam rantai kritis. Menggunakan contoh yang sama dari kasus C&PM, ukuran *project buffer* dengan menggunakan metode RSEM adalah 35 yang berasal dari setiap tugas. Dengan nilai $S_i = 40$, selanjutnya $A_i = 20$, dan hasil *buffer size* yang didapat adalah 35 (Ramanda & Arvianto, 2014).



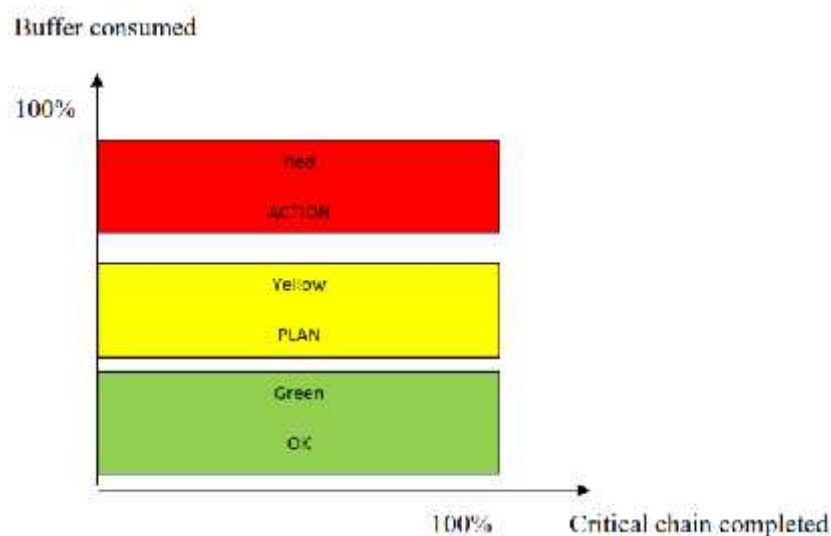
Gambar 2.11. Contoh perhitungan *buffer* menggunakan metode RSEM

(Sumber: Ramanda & Arvianto, 2014)

2.2.6.6. Buffer Management

Managemen *Buffer* digunakan untuk memonitoring jadwal ketika eksekusi, dimana hanya 3 tipe *buffer* yang diawasi dibandingkan dengan ratusan kegiatan di metode CPM. Managemen *Buffer* bertindak sebagai alat untuk menjaga keandalan dari jadwal proyek tetapi tidak merubah *critical chain* dibandingkan dengan metode CPM.

Managemen *buffer* dibagi menjadi tiga divisi yang sama besar (Cerveny dan Galup, 2002). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.6 dibedakan menjadi beberapa warna yaitu: hijau, kuning dan merah. Warna hijau menunjukan area dari nilai negative sampai satu per tiga pemakaian. Ini menunjukan zona aman dimana tidak diharuskannya mengambil tindakan. Warna kuning menunjukan zona transisi dimana tindakan harus sudah direncanakan siapaatau dibutuhkan jika konsumsi *buffer* dinilai banyak. Tindakan pencegahannya berupa indentifikasi masalah, membuat strategi untuk memecahkan masalah tersebut. Warna merah menunjukan dimana tindakan pemulihan yang telah direncanakan sebelumnya harus dilaksanakan.



Gambar 2.12. Buffer Monitoring pada CCPM (Sumber: Valikoniene, 2014)

2.2.7. Perbedaan CCPM dengan CPM/PERT

Berdasarkan penjelasan-penjelasan sebelumnya maka didapatkan beberapa kelebihan menggunakan metode CCPM dibandingkan menggunakan metode CPM/PERT, diantaranya:

1. Mempertimbangkan ketersediaan dari sumber daya maka diciptakannya penjadwalan berbasis hubungan dengan kegiatan pendahulu (*precedence activity relationship*) dan ketersediaan sumber daya;
2. Berfokus kepada aktivitas dan sumber daya yang kritikal;
3. Mencoba untuk mengatasi perilaku buruk manusia seperti: *Student's Syndrome*, *Parkinson's Law*, memandang mudah waktu aktivitas dan *multitasking*;
4. Memperpendek durasi proyek dan meningkatkan stabilitas dari penjadwalan;
5. Mempermudah pengawasan proyek

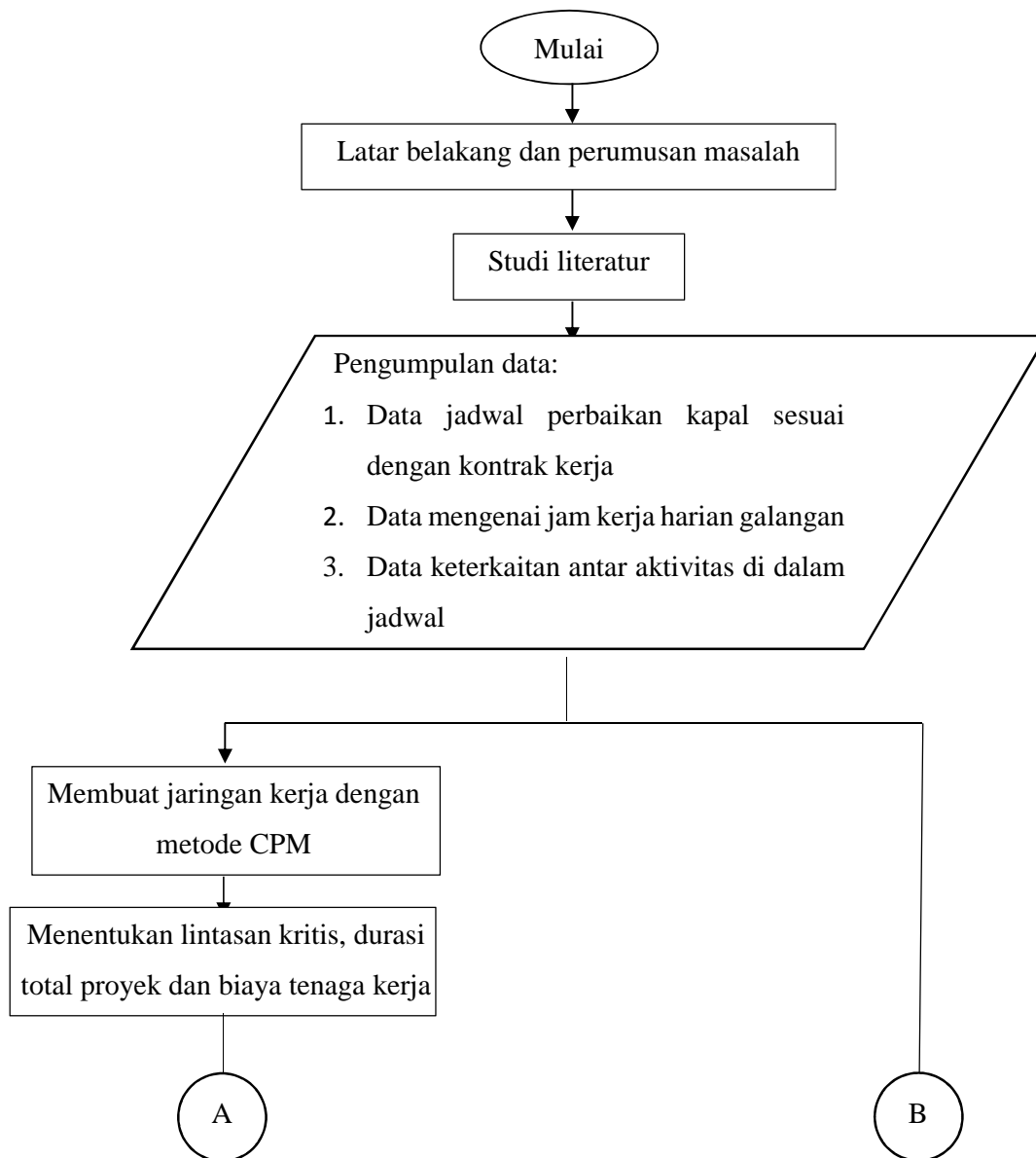
Dari beberapa kelebihan tersebut, dapat dicapai karena bantuan dari tiga tipe *buffer* diantaranya *project*, *feeding* dan *resource buffer*. Untuk menghitung besarnya *buffer* tersebut maka digunakannya metode *cut and paste method* dan *the root mean square error method*.

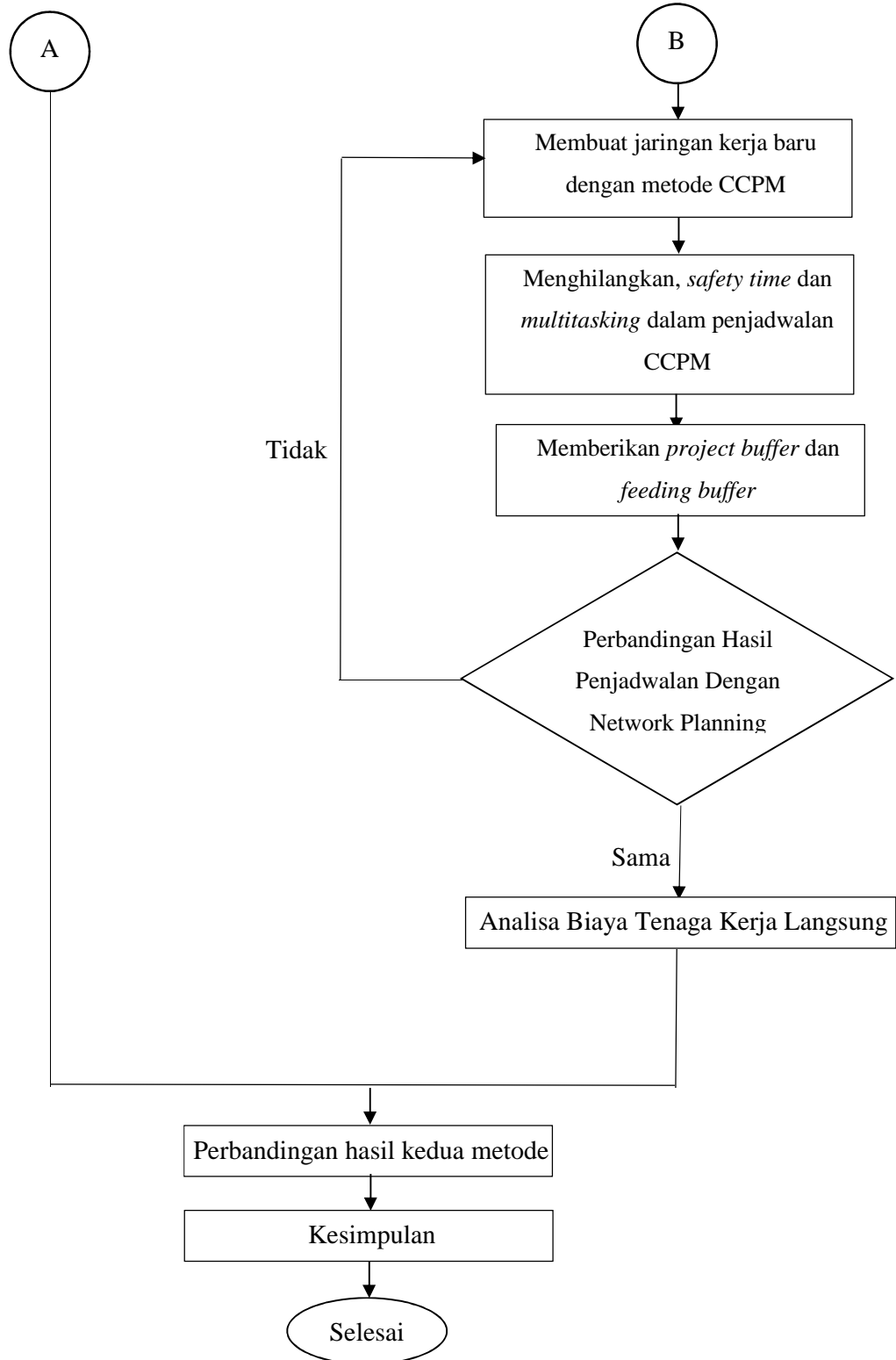
BAB III

METODOLIGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah evaluasi perkembangan tugas akhir maka dibuat sebuah alur tahapan-tahapan pengerjaan/metodologi. Secara garis besar pengerjaan tugas akhir ini dapat dikerjakan dalam gambar 3.1.





Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir

3.2. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

3.2.1. Tahap identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa durasi total dan biaya tenaga kerja langsung yang didapat dari penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dalam proyek perbaikan kapal?
2. Berapa durasi total total dan biaya tenaga kerja langsung yang didapat dari penerapan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dalam proyek perbaikan kapal?
3. Manakah hasil dengan durasi yang paling cepat antara *Critical Path Method* dan *Critical Chain Project Management* ?

Tahap selanjutnya adalah analisa dari permasalahan yang ada, sebelumnya perlu dilakukan pemahaman yang mendalam mengenai: metode perbaikan kapal, *network planning*, penjadwalan dengan metode CPM dan CCPM. Maka dari itu perlu dilakukannya studi literature mengenai hal-hal berikut.

3.2.2. Studi Literatur

Guna mendukung literature-literatur yang memiliki hubungan dengan penulisan tugas akhir ini, maka suatu studi literatur untuk mendukung pengembangan wawasan dan Analisa tersebut. Adapun studi literature yang digunakan antara lain yaitu:

1. Studi mengenai penjadwalan perbaikan kapal
2. Studi mengenai metode CPM dan bagaimana penggunaannya
3. Studi mengenai metode CCPM dan penggunaannya

3.2.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain :

1. Data *schedule* awal perbaikan kapal sesuai kontrak kerja antara galangan, konsultan dan *owner*.

2. Data mengenai waktu jam kerja harian di galangan, meliputi jam kerja biasa dan jam kerja lembur.
3. Data mengenai jumlah pekerja yang terlibat.

3.2.4. Analisis Data dan Pembahasan

Setelah data yang diperlukan sudah lengkap, maka sudah bisa dimulai tahap pembahasan dalam tugas akhir ini. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penjadwalan menggunakan metode CPM

Penjadwalan CPM diawali dengan membuat jaringan kerja sesuai dengan *work breakdown structure* proyek perbaikan kapal yang telah di dapat dari data perusahaan. Selanjutnya, tentukan lintasan kritisnya menggunakan metode perhitungan maju dan perhitungan mundur sehingga didapat lintasan kritisnya dan *Total Float* atau durasi total dari proyek tersebut.

2. Penjadwalan dengan metode CCPM

Sama seperti metode CPM, penjadwalan ini diawali dengan membuat jaringan kerja sesuai dengan data proyek yang telah di dapat. Lalu ditentukan dimana lintasan kritisnya berada.

3. Menghilangkan *safety time* dan *multitasking*

Sesuai dengan langkah yang dijelaskan pada bab sebelumnya, menghilangkan *safety time* bertujuan untuk memaksimalkan produktivitas dari pekerja karena sudah tidak ada waktu yang terbuang percuma. Metode yang digunakan untuk menghitung *safety time* adalah metode C&PM atau *cut and paste method*. Cara kerja metode ini adalah memotong 50% waktu dari durasi masing-masing kegiatan dari WBS.

Selanjutnya adalah menghilangkan *multitasking* dengan mengeksploitasi jaringan kerja yang dibuat. Perbaikan dilakukan dimana dalam jaringan kerja terdapat dua pekerjaan yang dikerjakan dalam waktu yang sama dan menggunakan sumber daya yang sama. Hal ini bertujuan untuk mempersingkat durasi dari masing-masing pekerjaan meskipun waktu total pengerjaan kedua pekerjaan tersebut tetap sama.

4. Menentukan dan memasukan *project buffer* pada akhir kegiatan

Setelah menghilangkan *safety time* dari masing-masing aktivitas, langkah selanjutnya adalah menghitung *project buffer*. Besar nilainya adalah rata-rata total *safety time* yang dibuang dari masing-masing aktivitas. Metode lainnya adalah dengan menggunakan *root square error method* (RSEM) dengan menghitung dua standar deviasi.

5. Memasukan *feeding buffer*

Tujuan untuk memasukan *feeding buffer* adalah untuk melindungi lintasan kritis dari keterlambatan. Metode yang digunakan untuk menentukannya sama dengan *project buffer* yaitu menggunakan *root square error method* (RSEM) tetapi hanya terbatas dari *safety time* yang terdapat pada lintasan kritis saja. Hasilnya akan ditempatkan di akhir lintasan kritis ketika akan bertemu dengan lintasan kritis.

6. Verifikasi Penjadwalan

Tahap ini dilakukan Analisa terhadap *critical chain* yang telah dibuat yaitu dengan membandingkan hasil penjadwalan dengan *gant chart* dan *network planning*. Apakah memiliki perbedaan dalam total waktu kegiatan dan lintasan kritis yang dihasilkan. Serta dilakukan Analisa *buffer management* untuk memudahkan dalam mengkontrol proyek berdasarkan banyaknya *buffer* yang digunakan. Sesuai dengan bab sebelumnya ada tiga kondisi di dalam *buffer management* yang besar dari masing-masingnya sama besar.

7. Analisa Biaya Tenaga Kerja Langsung

Setelah semua analisa telah dilakukan dalam metode CCPM, Maka sudah dapat diketahui durasi total proyek dari durasi lintasan kritisnya. Lalu dilanjutkan dengan menghitung biaya tenaga kerja berdasarkan data jam orang dan *man power*.

8. Perbandingan hasil

Pada tahap ini hasil dari masing-masing metode akan dibandingkan total durasi proyeknya. Mana yang lebih cepat dari kedua metode tersebut.

3.2.5. Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini akan dijelaskan beberapa kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan. Melakukan Analisa dan hasil dari durasi proyek dengan menggunakan masing-masing metode penjadwalan. Selain itu didapat mana metode yang menghasilkan durasi proyek tercepat. Sehingga dapat ditarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini, serta dapat disusun saran-saran yang berguna bagi pembaca, berguna bagi peningkatan kinerja perusahaan dan bagi pengembangan penelitian ini di masa depan.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Proyek Perbaikan Kapal BC 30002

Pada tugas akhir ini proyek perbaikan kapal yang digunakan adalah proyek perbaikan kapal BC 30002 FPB 38 Alumunium. Kapal ini dimiliki oleh Kementrian Keuangan Republik Indonesia untuk memperkuat armada Bea dan Cukai. Pengumpulan data dilakukan di PT. ABC, Surabaya. Data-data yang diperoleh selama melakukan pengumpulan data meliputi tahap persiapan perbaikan kapal (durasi dan waktu), data jadwal jam kerja, dan keterkaitan antara kegiatan-kegiatan di dalam proyek.



Gambar 4.1. Kapal Patroli BC 30002 (Sumber: bisot.wordpress.com)

Tabel 4.1 Ukuran utama kapal BC 30002

Ukuran Utama	
<i>Length Over All (LOA)</i>	42 m
<i>Length per Pendicular (LPP)</i>	38 m
<i>Breadth (B)</i>	7.3 m
<i>Height (H)</i>	4.47 m
<i>Draft (T)</i>	1.85 m
<i>Speed (Vmax)</i>	30 knot

Dalam perjanjian kontrak yang telah disepakati oleh PT. ABC dan Kementerian Keuangan Direktorat Bea dan Cukai bahwa untuk proyek perbaikan kapal BC 30002 waktu yang dibutuhkan adalah 3 bulan atau lebih tepatnya 98 hari. Durasi proyek terhitung dari tanggal 5 September 2016 s/d 13 Desember 2016.

4.2. Jadwal Kerja

Kegiatan pengerjaan proyek perbaikan kapal ini dilaksanakan setiap hari mulai dari hari Senin sampai dengan Minggu pada pukul 07.30 WIB sampai dengan pukul 16.30 WIB dengan waktu istirahat sebesar satu jam mulai pukul 11.30 WIB sampai dengan 12.30 WIB. Maka jam kerja per harinya adalah 8 jam.

4.3. Penjadwalan Proyek

Dari data yang diperoleh akan dihitung durasi pengerjaan perbaikan kapal BC 30002 dengan menggunakan *software* MS. Project 2010 dengan mengaplikasikan metode CPM (*Critical Path Method*) dan CCPM (*Critical Chain Project Management*). Namun terlebih dahulu dilakukan penyusunan WBS dari data yang telah diperoleh agar aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut saling ketergantungan sesuai data dari PT. ABC.

Tabel 4.2 Waktu dan Aktivitas Kerja

No.	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
1	Lama Kegiatan	98	Mon 9/5/16	Thu 12/8/16	-	-
2	Kontrak	0	Mon 9/5/16	Mon 9/5/16	-	5
3	General Service	22	Tue 9/13/16	Tue 10/4/16	-	-
4	Towing	16	Tue 9/13/16	Wed 9/28/16	-	-
5	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	16	Tue 9/13/16	Wed 9/28/16	2	7,11, 38
6	Dry Docking	1	Tue 10/4/16	Tue 10/4/16		
7	Kapal naik dock untuk perbaikan	1	Tue 10/4/16	Tue 10/4/16	5	23, 32, 39, 43, 50, 57
8	Pekerjaan Tangki	55	Thu 9/29/16	Tue 11/22/16	-	-

Lanjutan Tabel 4.2 Waktu dan Aktivitas Kerja

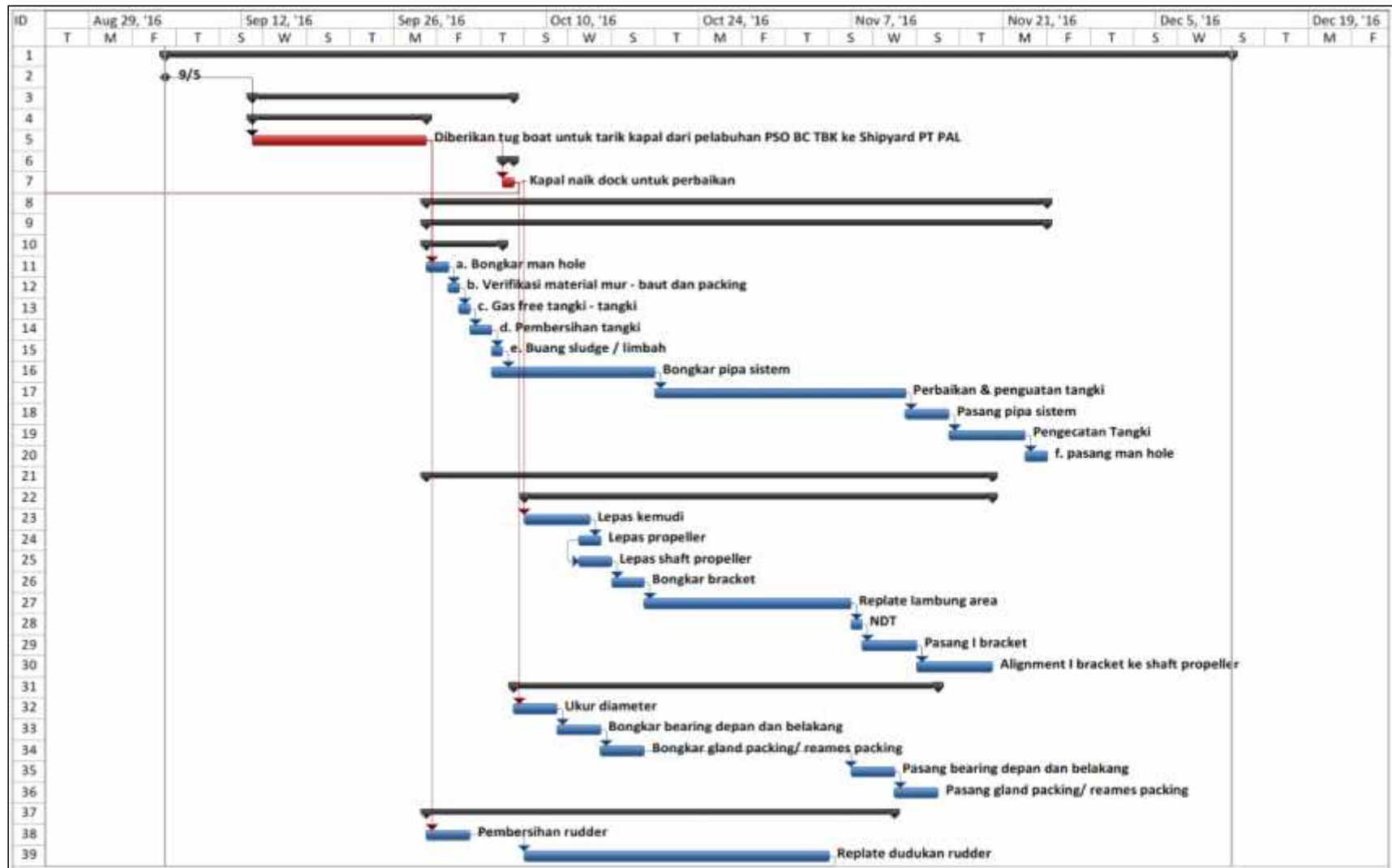
No.	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
10	Pembersihan Tangki	5	Thu 9/29/16	Mon 10/3/16	-	-
11	Bongkar <i>man hole</i>	2	Thu 9/29/16	Fri 9/30/16	5	12
12	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	1	Thu 9/29/16	Thu 9/29/16	11	13
13	<i>Gas free</i> tangki - tangki	1	Fri 9/30/16	Fri 9/30/16	12	14
14	Pembersihan tangki	2	Sat 10/1/16	Sun 10/2/16	13	15
15	Buang <i>sludge</i> / limbah	1	Mon 10/3/16	Mon 10/3/16	14	16
16	Bongkar pipa sistem	15	Mon 10/3/16	Mon 10/17/16	15	17
17	Perbaikan & penguatan tangki	23	Tue 10/18/16	Wed 11/9/16	16	18
18	Pasang pipa sistem	4	Thu 11/10/16	Sun 11/13/16	17	19
19	Pengecatan Tangki	7	Mon 11/14/16	Sun 11/20/16	18	20
20	pasang <i>man hole</i>	2	Mon 11/21/16	Tue 11/22/16	19	-
21	Sistem Propulsi	50	Thu 9/29/16	Thu 11/17/16	-	-
22	Konstruksi Sistem Kemudi	43	Thu 10/6/16	Thu 11/17/16	-	-
23	Lepas kemudi	6	Thu 10/6/16	Tue 10/11/16	7	24
24	Lepas <i>propeller</i>	2	Tue 10/11/16	Wed 10/12/16	23	25
25	Lepas <i>shaft propeller</i>	3	Tue 10/11/16	Thu 10/13/16	24	26
26	Bongkar <i>bracket</i>	3	Fri 10/14/16	Sun 10/16/16	25	27
27	<i>Replate</i> lambung area	19	Mon 10/17/16	Fri 11/4/16	26	28
28	NDT	1	Sat 11/5/16	Sat 11/5/16	27	29
29	Pasang I <i>bracket</i>	5	Sun 11/6/16	Thu 11/10/16	28	30
30	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	7	Fri 11/11/16	Thu 11/17/16	29	-
31	<i>Stern Tube Packing</i>	39	Tue 10/4/16	Fri 11/11/16	-	-
32	Ukur diameter	4	Tue 10/4/16	Fri 10/7/16	7	33
33	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	4	Sat 10/8/16	Tue 10/11/16	32	34
34	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	4	Wed 10/12/16	Sat 10/15/16	33	35
35	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	4	Fri 11/4/16	Mon 11/7/16	34	36
36	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	4	Tue 11/8/16	Fri 11/11/16	35	-

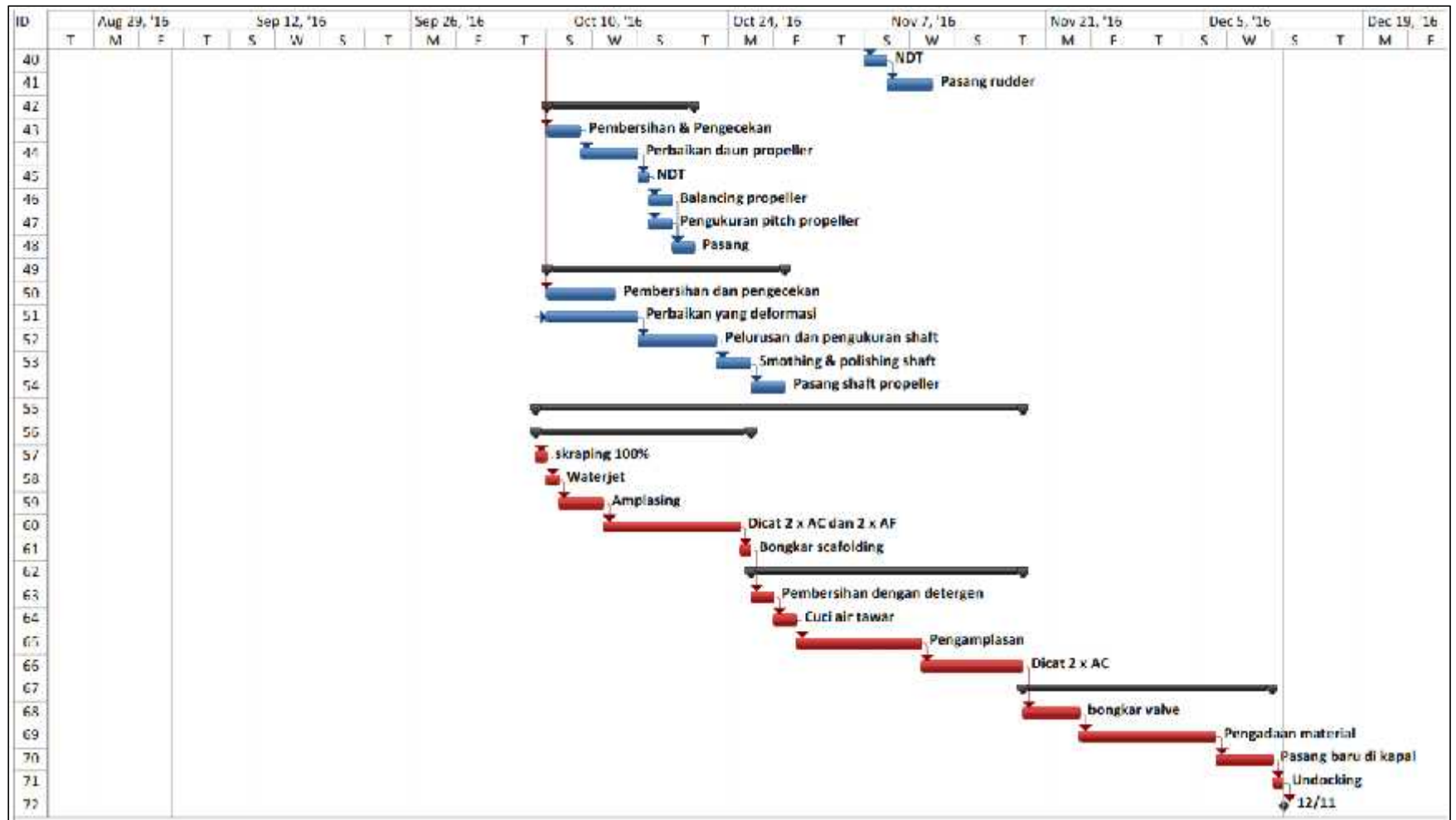
Lanjutan Tabel 4.2 aktu dan Aktivitas Kerja

No.	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
37	Rudder	41	Thu 9/29/16	Tue 11/8/16	-	-
38	Pembersihan <i>rudder</i>	4	Thu 9/29/16	Sun 10/2/16	5	39
39	Replate dudukan rudder	28	Thu 10/6/16	Wed 11/2/16	38	40
40	NDT	2	Thu 11/3/16	Fri 11/4/16	39	41
41	Pasang rudder	4	Sat 11/5/16	Tue 11/8/16	40	-
42	Propeller Ka/Ki	13	Thu 10/6/16	Tue 10/18/16	-	-
43	Pembersihan & Pengecekan	3	Thu 10/6/16	Sat 10/8/16	7	44
44	Perbaikan daun propeller	5	Sun 10/9/16	Thu 10/13/16	43	45
45	NDT	1	Fri 10/14/16	Fri 10/14/16	44	46,47
46	Balancing propeller	2	Sat 10/15/16	Sun 10/16/16	45	48
47	Pengukuran pitch propeller	2	Sat 10/15/16	Sun 10/16/16	45	48
48	Pasang propeller	2	Mon 10/17/16	Tue 10/18/16	47,46	-
49	Shaft Propeller	21	Thu 10/6/16	Wed 10/26/16	-	-
50	Pembersihan dan pengecekan	6	Thu 10/6/16	Tue 10/11/16	7	51
51	Perbaikan yang deformasi	8	Thu 10/6/16	Thu 10/13/16	50	52
52	Pelurusan dan pengukuran shaft	7	Fri 10/14/16	Thu 10/20/16	51	53
53	Smoothing & polishing shaft	3	Fri 10/21/16	Sun 10/23/16	52	54
54	Pasang shaft propeller	3	Mon 10/24/16	Wed 10/26/16	53	-
55	Main Engine	38	Wed 9/28/16	Mon 10/17/16	-	-
56	Bongkar Main Engine	2	Wed 9/28/16	Thu 9/29/16	7	57
57	Pembersihan main engine	10	Thu 9/29/16	Tue 10/4/16	56	58,59
58	Pasang main engine	2	Tue 10/4/16	Wed 10/5/16	57	60
59	Bongkar cooler air tawar & oil	2	Tue 10/4/16	Wed 10/5/16	57	60
60	Pembersihan cooler	10	Wed 10/5/16	Mon 10/10/16	58,59	61
61	Pasang cooler air tawar & oil	2	Mon 10/10/16	Tue 10/11/16	60	62,63
62	Setting clearance engine valve	12	Tue 10/11/16	Mon 10/17/16	61	-
63	Setting all electronic control main engine	12	Tue 10/11/16	Mon 10/17/16	61	-
64	Lambung	43	Tue 10/4/16	Tue 11/15/16	-	-
65	Lambung kapal BGA	19	Tue 10/4/16	Sat 10/22/16	-	-
66	skraping 100%	1	Tue 10/4/16	Tue 10/4/16	7	67
67	Waterjet	1	Wed 10/5/16	Wed 10/5/16	66	68
68	Amplasing	4	Thu 10/6/16	Sun 10/9/16	67	69
69	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	12	Mon 10/10/16	Fri 10/21/16	68	70
70	Bongkar scaffolding	1	Sat 10/22/16	Sat 10/22/16	69	72

Lanjutan Tabel 4.2 waktu dan Aktivitas Kerja

No.	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan Sebelum	Kegiatan Sesudah
71	Lambung kapal topside dan bulwark	24	Sun 10/23/16	Tue 11/15/16	-	-
72	Pembersihan dengan detergen	2	Sun 10/23/16	Mon 10/24/16	70	73
73	Cuci air tawar	2	Tue 10/25/16	Wed 10/26/16	72	74
74	Pengamplasan	11	Thu 10/27/16	Sun 11/6/16	73	75
75	Dicat 2 x AC	9	Mon 11/7/16	Tue 11/15/16	74	77
76	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room	22	Wed 11/16/16	Wed 12/7/16	-	-
77	bongkar valve	5	Wed 11/16/16	Sun 11/20/16	76	78
78	Pengadaan material	12	Mon 11/21/16	Fri 12/2/16	77	79
79	Pasang baru di kapal	5	Sat 12/3/16	Wed 12/7/16	78	80
80	Undocking	1	Thu 12/8/16	Thu 12/8/16	79	-





Gambar 4.2. Hasil Penjadwalan MS. Project Metode CPM

4.4. Langkah-langkah Penyusunan Network Planning

4.4.1. Menginventarisasi Kegiatan

Langkah pertama yang dilakukan dalam menyusun *network planning* adalah menginventarisasi kegiatan, yaitu dengan cara melakukan pengkajian dan pengidentifikasian lingkup proyek, menguraikan atau memecahkan menjadi kegiatan-kegiatan pada proyek. Kegiatan-kegiatan proyek proyek perbaikan kapal BC 30002 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3 Daftar kegiatan proyek

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi (Hari)	Slack (Hari)	Durasi Total
1	Kontrak	A	-	0	8	8
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	A	16	-	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	B	1	-	1
	Pekerjaan Tangki					
4	Bongkar <i>man hole</i>	D	A	2	-	2
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	D	1	-	1
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	E	1	-	1
7	Pembersihan tangki	G	F	2	-	2
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	G	1	-	1
9	Bongkar pipa sistem	I	H	15	-1	14
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	I	23	-	23
11	Pasang pipa sistem	K	J	4	-	4
12	Pengecatan Tangki	L	K	7	-	7
13	pasang <i>man hole</i>	M	L	2	-	2
	Sistem Propulsi					
	Konstruksi Sistem Kemudi					
14	Lepas kemudi	N	B	6	8	14
15	Lepas <i>propeller</i>	O	N	2	-1	1
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	O	3	-2	1
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	P	3	-	3
18	<i>Replate</i> lambung area	R	Q	19	-	19
19	NDT	S	R	1	-	1
20	Pasang I <i>bracket</i>	T	S	5	-	5
21	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	U	T	7	-	7

Lanjutan Tabel 4.3 Daftar kegiatan proyek

	<i>Stern Tube Packing</i>					
22	Ukur diameter	V	B	4	7	11
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	V	4	-	4
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	X	W	4	-	4
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	X	4	19	23
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	Z	Y	4	-	4
	<i>Rudder</i>					
27	Pembersihan <i>rudder</i>	AA	B	4	-	4
28	Replateudukan <i>rudder</i>	AB	AA	28	5	33
29	NDT	AC	AB	2	-	2
30	Pasang <i>rudder</i>	AD	AC	4	-	4
	<i>Propeller Ka/Ki</i>					
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	C	3	8	11
32	Perbaikan daun propeller	AF	AE	5	-	5
33	NDT	AG	AF	1	-	1
34	Balancing propeller	AH	AG	2	-	2
35	Pengukuran pitch propeller	AI	AG	2	-	2
36	Pasang propeller	AJ	AH,AI	2	-	2
	<i>Shaft Propeller</i>					
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	C	6	8	14
38	Perbaikan yang deformasi	AL	AK	8	-6	2
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	AL	7	-	7
40	Smoothing & polishing shaft	AN	AM	3	-	3
41	Pasang shaft propeller	AO	AN	3	-	3
	<i>Main Engine</i>					
42	Bongkar Main Engine	AP	C	2	-	2
43	Pembersihan main engine	AQ	AP	10	-	10
44	Pasang main engine	AR	AQ	2	-	2
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	AQ	2	-	2
46	Pembersihan cooler	AT	AR,AS	10	-	10
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	AT	2	-	2
48	Setting clearance engine valve	AV	AU	12	-	12
49	Setting all electronic control main engine	AW	AU	12	-	12

Lanjutan Tabel 4.3 Daftar kegiatan proyek

	Lambung					
	Lambung Kapal BGA					
50	skraping 100%	AX	C	1	7	8
51	Waterjet	AY	AX	1	-	1
52	Amplasing	AZ	AY	4	-	4
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	AZ	12	-	12
54	Bongkar scaffolding	BB	BA	1	-	1
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark					
55	Pembersihan dengan detergen	BC	BB	2	-	2
56	Cuci air tawar	BD	BC	2	-	2
57	Pengamplasan	BE	BD	11	-	11
58	Dicat 2 x AC	BF	BE	9	-	9
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room					
59	bongkar valve	BG	BF	5	-	5
60	Pengadaan material	BH	BG	12	-	12
61	Pasang baru di kapal	BI	BH	5	-	5
62	Undocking	BJ	BI	1	-	1

Setelah mendapatkan data waktu dan kegiatan kerja yang sudah dalam bentuk *Work Breakdown Structure* (WBS) maka akan mudah untuk menghitung manual dengan menggunakan CPM, dengan cara membuat diagram jaringan kegiatan yang saling ketergantungan untuk *network diagram* dan kegiatan apa saja di setiap lintasan. Dari hasil Tabel 4.3 maka sudah bisa dimulai untuk pembuatan *network diagram*. Langkah selanjutnya adalah menganalisa waktu pelaksana kegiatan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kurun waktu bagi setiap kegiatan dan menggambarkan jaringan kerja, seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Perhitungan Maju

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju	
				ES	EF
1	Kontrak	A	8	0	8
	<i>General Service</i>				
2	Diberikan tug boat untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke Shipyard PT PAL	B	16	8	24

Lanjutan Tabel 4.4 Perhitungan Maju

3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	24	25
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar man hole	D	2	25	27
5	Verifikasi material mur - baut dan packing	E	1	27	28
6	Gas free tangki - tangki	F	1	28	29
7	Pembersihan tangki	G	2	29	31
8	Buang sludge / limbah	H	1	31	32
9	Bongkar pipa sistem	I	14	32	46
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	23	46	69
11	Pasang pipa sistem	K	4	69	73
12	Pengecatan Tangki	L	7	73	80
13	pasang man hole	M	2	80	82
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	N	14	25	39
15	Lepas propeller	O	1	39	40
16	Lepas shaft propeller	P	1	40	41
17	Bongkar bracket	Q	3	41	44
18	Replate lambung area	R	19	44	63
19	NDT	S	1	63	64
20	Pasang I bracket	T	5	64	69
21	Alignment I bracket ke shaft propeller	U	7	69	76
	Stern Tube Packing				
22	Ukur diameter	V	11	25	36
23	Bongkar bearing depan dan belakang	W	4	36	40
24	Bongkar gland packing/ reames packing	X	4	40	44
25	Pasang bearing depan dan belakang	Y	23	44	67
26	Pasang gland packing/ reames packing	Z	4	67	71
	Rudder				
27	Pembersihan rudder	AA	4	24	28
28	Replateudukan rudder	AB	33	28	61
29	NDT	AC	2	61	63
30	Pasang rudder	AD	4	63	67

Lanjutan Tabel 4.4 Perhitungan Maju

	Propeller Ka/Ki				
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	11	25	36
32	Perbaikan daun propeller	AF	5	36	41
33	NDT	AG	1	41	42
34	Balancing propeller	AH	2	42	44
35	Pengukuran pitch propeller	AI	2	42	44
36	Pasang propeller	AJ	2	44	46
	Shaft Propeller				
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	14	25	39
38	Perbaikan yang deformasi	AL	2	39	41
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	7	41	48
40	Smoothing & polishing shaft	AN	3	48	51
41	Pasang shaft propeller	AO	3	51	54
	Main Engine				
42	Bongkar Main Engine	AP	2	25	27
43	Pembersihan main engine	AQ	10	27	37
44	Pasang main engine	AR	2	37	39
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	2	37	39
46	Pembersihan cooler	AT	10	39	49
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	2	49	51
48	Setting clearance engine valve	AV	12	51	63
49	Setting all electronic control main engine	AW	12	51	63
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	AX	8	25	33
51	Waterjet	AY	1	33	34
52	Amplasing	AZ	4	34	38
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	12	38	50
54	Bongkar scaffolding	BB	1	50	51
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark				
55	Pembersihan dengan detergen	BC	2	51	53
56	Cuci air tawar	BD	2	53	55
57	Pengamplasan	BE	11	55	66
58	Dicat 2 x AC	BF	9	66	75

Lanjutan Tabel 4.4 Perhitungan Maju

	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room				
59	bongkar valve	BG	5	75	80
60	Pengadaan material	BH	12	80	92
61	Pasang baru di kapal	BI	5	92	97
62	Undocking	BJ	1	97	98

Setelah dilakukan perhitungan maju untuk mendapatkan ES (Early Start) dan EF (Early Finish) maka dilanjutkan dengan perhitungan mundur untuk mendapatkan nilai LS (Latest Start) dan LF (Latest Finish) seperti yang terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Perhitungan Mundur

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Mundur	
				LS	LF
1	Kontrak	A	8	0	8
	General Service				
2	Diberikan tug boat untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke Shipyard PT PAL	B	16	8	24
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	24	25
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar man hole	D	2	40	42
5	Verifikasi material mur - baut dan packing	E	1	42	43
6	Gas free tangki - tangki	F	1	43	44
7	Pembersihan tangki	G	2	44	46
8	Buang sludge / limbah	H	1	46	47
9	Bongkar pipa sistem	I	14	47	61
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	23	61	84
11	Pasang pipa sistem	K	4	84	88
12	Pengecatan Tangki	L	7	88	95
13	pasang man hole	M	2	95	97
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	N	14	46	60
15	Lepas propeller	O	1	60	61
16	Lepas shaft propeller	P	1	61	62

Lanjutan Tabel 4.5 Perhitungan Mundur

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju	
				ES	EF
17	Bongkar bracket	Q	3	62	65
18	Replate lambung area	R	19	65	84
19	NDT	S	1	84	85
20	Pasang I bracket	T	5	85	90
21	Alignment I bracket ke shaft propeller	U	7	90	97
	<i>Stern Tube Packing</i>				
22	Ukur diameter	V	11	51	62
23	Bongkar bearing depan dan belakang	W	4	62	66
24	Bongkar gland packing/ reames packing	X	4	66	70
25	Pasang bearing depan dan belakang	Y	23	70	93
26	Pasang gland packing/ reames packing	Z	4	93	97
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan rudder	AA	4	54	58
28	Replateudukan rudder	AB	33	58	91
29	NDT	AC	2	91	93
30	Pasang rudder	AD	4	93	97
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	11	76	87
32	Perbaikan daun propeller	AF	5	87	82
33	NDT	AG	1	92	93
34	Balancing propeller	AH	2	93	95
35	Pengukuran pitch propeller	AI	2	93	95
36	Pasang propeller	AJ	2	95	97
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	14	68	82
38	Perbaikan yang deformasi	AL	2	82	84
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	7	84	91
40	Smoothing & polishing shaft	AN	3	91	94
41	Pasang shaft propeller	AO	3	94	97

Lanjutan Tabel 4.5 Perhitungan Mundur

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Mundur	
				LS	LF
	Main Engine				
42	Bongkar Main Engine	AP	2	59	61
43	Pembersihan main engine	AQ	10	61	71
44	Pasang main engine	AR	2	71	73
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	2	71	73
46	Pembersihan cooler	AT	10	73	83
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	2	83	85
48	Setting clearance engine valve	AV	12	85	97
49	Setting all electronic control main engine	AW	12	85	97
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	AX	8	25	33
51	Waterjet	AY	1	33	34
52	Amplasing	AZ	4	34	38
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	12	38	50
54	Bongkar scaffolding	BB	1	50	51
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark				
55	Pembersihan dengan detergen	BC	2	51	53
56	Cuci air tawar	BD	2	53	55
57	Pengamplasan	BE	11	55	66
58	Dicat 2 x AC	BF	9	66	75
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room				
59	bongkar valve	BG	5	75	80
60	Pengadaan material	BH	12	80	92
61	Pasang baru di kapal	BI	5	92	97
62	Undocking	BJ	1	97	98

Dari hasil perhitungan nilai LS dan LF diatas, contoh yang didapatkan ES peristiwa BB adalah 97. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa BB paling lambat dimulai pada hari ke 97. Sedangkan LF peristiwa BB adalah 98. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa BB paling lambat selesai dikerjakan pada hari ke 98.

4.4.2. Mengidentifikasi Jalur Kritis, Total Float, dan Kurun Waktu Penyelesaian proyek

Yang dimaksud dengan jalur kritis pada langkah ini adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kegiatan yang berada dalam jalur ini disebut kegiatan kritis. Sedangkan float adalah tenggang waktu suatu kegiatan tertentu yang non kritis dari proyek.

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Float

No.	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	TF
1	A	0	0	8	0	8	0
2	B	16	8	24	8	24	0
3	C	1	24	25	24	25	0
4	D	2	25	27	40	42	15
5	E	1	27	28	42	43	15
6	F	1	28	29	43	44	15
7	G	2	29	31	44	46	15
8	H	1	31	32	46	47	15
9	I	15	32	46	47	61	15
10	J	23	46	69	61	84	15
11	K	4	69	73	84	88	15
12	L	7	73	80	88	95	15
13	M	2	80	82	95	97	15
14	N	6	25	39	46	60	21
15	O	2	39	40	60	61	21
16	P	3	40	41	61	62	21
17	Q	3	41	44	62	65	21
18	R	19	44	63	65	84	21
19	S	1	63	64	84	85	21
20	T	5	64	69	85	90	21
21	U	7	69	76	90	97	21
22	V	4	25	36	51	62	26
23	W	4	36	40	62	66	26
24	X	4	40	44	66	70	26
25	Y	4	44	67	70	93	26
26	Z	4	67	71	93	97	26
27	AA	4	24	28	54	58	30

Lanjutan Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Float

No.	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	TF
28	AB	28	28	61	58	91	30
29	AC	2	61	63	91	93	30
30	AD	4	63	67	93	97	30
31	AE	3	25	36	76	87	51
32	AF	5	36	41	87	82	41
33	AG	1	41	42	92	93	51
34	AH	2	42	44	93	95	51
35	AI	2	42	44	93	95	51
36	AJ	2	44	46	95	97	51
37	AK	6	25	39	68	82	43
38	AL	8	39	41	82	84	43
39	AM	7	41	48	84	91	43
40	AN	3	48	51	91	94	43
41	AO	3	51	54	94	97	43
42	AP	2	25	27	59	61	34
43	AQ	10	27	37	61	71	34
44	AR	2	37	39	71	73	34
45	AS	2	37	39	71	73	34
46	AT	10	39	49	73	83	34
47	AU	2	49	51	83	85	34
48	AV	12	51	63	85	97	34
49	AW	12	51	63	85	97	34
50	AX	1	25	33	25	33	0
51	AY	1	33	34	33	34	0
52	AZ	4	34	38	34	38	0
53	BA	12	38	50	38	50	0
54	BB	1	50	51	50	51	0
55	BC	2	51	53	51	53	0
56	BD	2	53	55	53	55	0
57	BE	11	55	66	55	66	0
58	BF	9	66	75	66	75	0
59	BG	5	75	80	75	80	0
60	BH	12	80	92	80	92	0
61	BI	5	92	97	92	97	0
62	BJ	1	97	98	97	98	0

Dari perhitungan Float di tabel 4.6, maka dapat ditentukan lintasan kritis dimana lintasan kritis memiliki total float = 0, sehingga dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kegiatan yang memiliki total float = 0 adalah kegiatan A-B-C-AP-AQ-AR-AS-AT-AU-AV-AW-AX-AY-AZ-BA-BB, maka jalur yang melewati kegiatan-kegiatan ini adalah kritis.
2. Waktu total penyelesaian proyek perbaikan kapal BC 30002 adalah 98 hari.

4.4.3. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung

Perhitungan biaya langsung diperoleh dari pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku pada proyek perbaikan kapal BC 30002. Dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.7 Daftar Tenaga Kerja dan Upah

No.	Jenis Pekerja	Harga Upah (Rp)	Satuan Waktu
1	Pandu	85,000.00	1 Orang/ Jam
2	<i>Assist Dock</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
3	<i>Operator Dock</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
4	<i>Ship Superitendant</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
5	<i>Superitendant Produksi</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
6	<i>Cleaning</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
7	Tukang Pipa	85,000.00	1 Orang/ Jam
8	Tukang Mesin Mekanik	85,000.00	1 Orang/ Jam
9	<i>Blasting/Painting</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
10	Tukang <i>Fitter</i>	85,000.00	1 Orang/ Jam
11	Tukang Mekanik Poros	85,000.00	1 Orang/ Jam
12	Tukang Las	85,000.00	1 Orang/ Jam
13	Juru Beli	85,000.00	1 Orang/ Jam
14	PT. AIR	85,000.00	1 Orang/ Jam

Berdasarkan tabel 4.7, maka biaya tenaga kerja total yang dikeluarkan dalam proyek ini didapat dari mengalikan harga masing-masing jenis pekerjaan dengan durasi tiap kegiatan serta jumlah pekerja yang digunakan pada kegiatan tersebut. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Sumber Daya	Jumlah Pekerja	Total Biaya
1	Kontrak	0			
	General Service				
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	128	Pandu	1	Rp 10,880,000.00
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	8	Assist Dock, Operator Dock, Ship <i>Superintendent</i>	31	Rp 21,080,000.00
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar <i>man hole</i>	16	Tukang <i>Fitter</i>	4	Rp 5,440,000.00
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	8	<i>Superintendent</i> Produksi	3	Rp 2,040,000.00
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	8	<i>Cleaning</i>	5	Rp 3,400,000.00
7	Pembersihan tangki	16	<i>Cleaning</i>	5	Rp 6,800,000.00
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	8	<i>Cleaning</i>	5	Rp 3,400,000.00
9	Bongkar pipa sistem	120	Tukang Pipa	4	Rp 40,800,000.00
10	Perbaikan & penguatan tangki	184	Tukang Mesing Mekanik	8	Rp 125,120,000.00
11	Pasang pipa sistem	32	Tukang Pipa	4	Rp 10,880,000.00
12	Pengecatan Tangki	56	<i>Blasting/Painting</i>	6	Rp 28,560,000.00
13	pasang <i>man hole</i>	16	Tukang <i>Fitter</i>	4	Rp 5,440,000.00
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	48	Tukang Mekanik Poros	6	Rp 24,480,000.00
15	Lepas <i>propeller</i>	16	Tukang Mekanik Poros	6	Rp 8,160,000.00
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	24	Tukang Mekanik Poros	6	Rp 12,240,000.00
17	Bongkar <i>bracket</i>	24	Tukang Mekanik Poros	5	Rp 10,200,000.00
18	<i>Replate</i> lambung area	152	Tukang <i>Fitter</i> , Tukang Las	7	Rp 90,440,000.00
19	NDT	8	Tukang Mekanik Poros	5	Rp 3,400,000.00
20	Pasang I <i>bracket</i>	40	Tukang Mekanik Poros	5	Rp 17,000,000.00
21	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	56	Tukang Mekanik Poros	3	Rp 14,280,000.00
	<i>Stern Tube Packing</i>				
22	Ukur diameter	32	Tukang Mekanik Poros	4	Rp 10,880,000.00

Lanjutan Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	32	Tukang Mekanik Poros	5	Rp13,600,000.00
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	32	Tukang Mekanik Poros	5	Rp13,600,000.00
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	32	Tukang Mekanik Poros	5	Rp13,600,000.00
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	32	Tukang Mekanik Poros	5	Rp13,600,000.00
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan <i>rudder</i>	32	Cleaning	4	Rp10,880,000.00
28	Replateudukan <i>rudder</i>	224	Tukang Fitter, Tukang Las	7	Rp133,280,000.00
29	NDT	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp6,800,000.00
30	Pasang <i>rudder</i>	32	Tukang Mekanik Poros	6	Rp16,320,000.00
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	24	Cleaning	4	Rp8,160,000.00
32	Perbaikan daun propeller	40	Tukang Mekanik Poros	5	Rp17,000,000.00
33	NDT	8	Tukang Mekanik Poros	5	Rp3,400,000.00
34	Balancing propeller	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp6,800,000.00
35	Pengukuran pitch propeller	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp6,800,000.00
36	Pasang propeller	16	Tukang Mekanik Poros	6	Rp8,160,000.00
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	48	Cleaning	6	Rp24,480,000.00
38	Perbaikan yang deformasi	64	Tukang Mekanik Poros	6	Rp32,640,000.00
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	56	Tukang Mekanik Poros	6	Rp28,560,000.00
40	Smoothing & polishing shaft	24	Tukang Mekanik Poros	6	Rp12,240,000.00
41	Pasang shaft propeller	24	Tukang Mekanik Poros	6	Rp12,240,000.00
	Main Engine				
42	Bongkar Main Engine	16	PT. AIR	8	Rp10,880,000.00
43	Pembersihan main engine	80	PT. AIR	8	Rp54,400,000.00
44	Pasang main engine	16	PT. AIR	8	Rp10,880,000.00
45	Bongkar cooler air tawar & oil	16	PT. AIR	8	Rp10,880,000.00
46	Pembersihan cooler	80	PT. AIR	8	Rp54,400,000.00

Lanjutan Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
47	Pasang cooler air tawar & oil	16	PT. AIR	8	Rp10,880,000.00
48	Setting clearance engine valve	96	PT. AIR	8	Rp65,280,000.00
49	Setting all electronic control main engine	96	PT. AIR	8	Rp65,280,000.00
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	8	Blasting/Painting	8	Rp5,440,000.00
51	Waterjet	8	Blasting/Painting	8	Rp5,440,000.00
52	Amplasing	32	Blasting/Painting	8	Rp21,760,000.00
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	96	Blasting/Painting	8	Rp65,280,000.00
54	Bongkar scaffolding	8	Blasting/Painting	8	Rp5,440,000.00
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark				
55	Pembersihan dengan detergen	16	Cleaning	5	Rp6,800,000.00
56	Cuci air tawar	16	Cleaning	5	Rp6,800,000.00
57	Pengamplasan	88	Blasting/Painting	5	Rp37,400,000.00
58	Dicat 2 x AC	72	Blasting/Painting	5	Rp30,600,000.00
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room				
59	bongkar valve	40	PT. AIR	4	Rp13,600,000.00
60	Pengadaan material	96	Juru Beli	2	Rp16,320,000.00
61	Pasang baru di kapal	40	PT. AIR	4	Rp13,600,000.00
62	Undocking	8	Assist Dock, Operator Dock, Ship Superitendant	31	Rp21,080,000.00
				TOTAL	Rp1,369,520,000.00

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada tabel 4.8, biaya total tenaga kerja langsung pada proyek perbaikan kapal BC 30002 adalah Rp. 1.369.520.000,00 (satu miliar tiga ratus enam puluh Sembilan juta lima tarus dua puluh ribu rupiah). Dari hasil penjadwalan dengan metode *Critical Path Method* total durasi yang didapat adalah 98 hari.

4.5. Pengaplikasian Metode *Critical Chain Project Management*

4.5.1. Pengurangan Durasi Kegiatan

Langkah pertama dalam pengaplikasian metode CCPM adalah melakukan pengurangan durasi masing-masing kegiatan sebesar 50% dari durasi CPM (Leach,2000). Pengurangan ini bertujuan untuk menghilangkan *safety times* sehingga permasalahan seperti *Student's Syndrome*, *Parkinson's Law*, *Multitasking*, dan *Overestimated Activity Durations* dapat dihilangkan. Perhitungan pengurangan durasi kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.9 Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi CPM (Hari)	Durasi CCPM (Hari)
1	Kontrak	A	-	0	0
	General Service				0
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	A	16	8
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	B	1	0.5
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar <i>man hole</i>	D	A	2	1
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	D	1	0.5
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	E	1	0.5
7	Pembersihan tangki	G	F	2	1
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	G	1	0.5
9	Bongkar pipa sistem	I	H	15	7.5
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	I	23	11.5
11	Pasang pipa sistem	K	J	4	2
12	Pengecatan Tangki	L	K	7	3.5
13	pasang <i>man hole</i>	M	L	2	1
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	N	B	6	3
15	Lepas <i>propeller</i>	O	N	2	1
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	O	3	1.5
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	P	3	1.5
18	<i>Replate</i> lambung area	R	Q	19	9.5
19	NDT	S	R	1	0.5

Lanjutan Tabel 4.9 Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi CPM (Hari)	Durasi CCPM (Hari)
20	Pasang <i>I bracket</i>	T	S	5	2.5
21	<i>Alignment I bracket ke shaft propeller</i>	U	T	7	3.5
	<i>Stern Tube Packing</i>				
22	Ukur diameter	V	B	4	2
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	V	4	2
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	X	W	4	2
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	X	4	2
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	Z	Y	4	2
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan <i>rudder</i>	AA	B	4	2
28	Replateudukan <i>rudder</i>	AB	AA	28	14
29	NDT	AC	AB	2	1
30	Pasang <i>rudder</i>	AD	AC	4	2
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	C	3	1.5
32	Perbaikan daun propeller	AF	AE	5	2.5
33	NDT	AG	AF	1	0.5
34	Balancing propeller	AH	AG	2	1
35	Pengukuran pitch propeller	AI	AG	2	1
36	Pasang propeller	AJ	AH,AI	2	1
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	C	6	3
38	Perbaikan yang deformasi	AL	AK	8	4
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	AL	7	3.5
40	Smoothing & polishing shaft	AN	AM	3	1.5
41	Pasang shaft propeller	AO	AN	3	1.5
	<i>Main Engine</i>				
42	Bongkar Main Engine	AP	C	2	1
43	Pembersihan main engine	AQ	AP	10	5
44	Pasang main engine	AR	AQ	2	1

Lanjutan Tabel 4.9 Perhitungan Pengurangan Durasi Kegiatan

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Durasi CPM (Hari)	Durasi CCPM (Hari)
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	AQ	2	1
46	Pembersihan cooler	AT	AR,AS	10	5
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	AT	2	1
48	Setting clearance engine valve	AV	AU	12	6
49	Setting all electronic control main engine	AW	AU	12	6
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	AX	C	1	0.5
51	Waterjet	AY	AP	1	0.5
52	Amplasing	AZ	AQ	4	2
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	AR	12	6
54	Bongkar scaffolding	BB	AS	1	0.5
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark				
55	Pembersihan dengan detergen	BC	AT	2	1
56	Cuci air tawar	BD	AU	2	1
57	Pengamplasan	BE	AV	11	5.5
58	Dicat 2 x AC	BF	AW	9	4.5
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room				
59	bongkar valve	BG	AX	5	2.5
60	Pengadaan material	BH	AY	12	6
61	Pasang baru di kapal	BI	AZ	5	2.5
62	Undocking	BJ	BA	1	0.5

4.5.2. Menghilangkan *Multitasking* pada Penjadwalan

Setelah mengurangi durasi kegiatan sebesar 50% dari penjadwalan CPM. Langkah kedua pada metode CCPM adalah menghilangkan *multitasking* atau mengerjakan dua atau lebih pekerjaan di dalam satu waktu. Berdasarkan data dari PT. ABC, maksimal satu jenis pekerja yang bekerja pada satu waktu adalah 30 orang. Untuk lebih jelasnya bisa dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Kuota Jumlah Pekerja per Hari (Sumber PT. ABC)

D	Resource Name	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate
1	Pandu	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
2	Assist Dock	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
3	Operator Dock	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
4	Ship Superitendant	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
5	Superitendant Produksi	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
6	Cleaning	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
7	Tukang Pipa	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
8	Tukang Mesin Mekanik	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
9	Blasting/Painting	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
10	Tukang Fitter	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
11	Tukang Mekanik Poros	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
12	Tukang Las	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
13	Juru Beli	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
14	PT. AIR	30	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr

Dibawah ini adalah daftar jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk masing-masing kegiatan dalam proyek perbaikan kapal BC 30002 berdasarkan data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.11 Data jumlah pekerja untuk masing-masing kegiatan

No.	Kegiatan	Resource	Jumlah (Orang)
1	Lama Kegiatan	-	-
2	Kontrak	-	-
3	General Service		
4	Towing		
5	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	Pandu	1
6	Dry Docking		
7	Kapal naik dock untuk perbaikan	Assist Dock Operator Dock Ship Superitendant	31
8	Pekerjaan Tangki		
9	Tangki F.O Storage Tank - Steering Compartment (Kapasitas 5337 liter)		
10	Pembersihan Tangki		
11	Bongkar <i>man hole</i>	Tukang Fitter	4
12	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	Superintendent Produksi	3
13	<i>Gas free</i> tangki - tangki	Cleaning	5

Lanjutan tabel 4.11 Data jumlah pekerja untuk masing-masing kegiatan

No.	Kegiatan	Resource	Jumlah (Orang)
14	Pembersihan tangki	Cleaning	5
15	Buang <i>sludge</i> / limbah	Cleaning	5
16	Bongkar pipa sistem	Tukang Pipa	4
17	Perbaikan & penguatan tangki	T. Mesin Mekanik	8
18	Pasang pipa sistem	Tukang Pipa	4
19	Pengecatan Tangki	Blasting/Painting	6
20	pasang <i>man hole</i>	Tukang Fitter	4
21	Sistem Propulsi		
22	Konstruksi Sistem Kemudi		
23	Lepas kemudi	T. Mekanik Poros	6
24	Lepas <i>propeller</i>	T. Mekanik Poros	6
25	Lepas <i>shaft propeller</i>	T. Mekanik Poros	6
26	Bongkar <i>bracket</i>	T. Mekanik Poros	5
27	<i>Replate</i> lambung area	T. Fitter & T. Las	7
28	NDT	T. Mekanik Poros	5
29	Pasang I <i>bracket</i>	T. Mekanik Poros	5
30	<i>Alignment I bracket ke shaft propeller</i>	T. Mekanik Poros	3
31	<i>Stern Tube Packing</i>		
32	Ukur diameter	T. Mekanik Poros	4
33	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	T. Mekanik Poros	5
34	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	T. Mekanik Poros	5
35	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	T. Mekanik Poros	5
36	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	T. Mekanik Poros	5
37	<i>Rudder</i>		
38	Pembersihan <i>rudder</i>	Cleaning	4
39	<i>Replate</i> dudukan rudder	T. Fitter & T. Las	7
40	NDT	T. Mekanik Poros	5
41	Pasang rudder	T. Mekanik Poros	6
42	Propeller Ka/Ki		
43	Pembersihan & Pengecekan	Cleaning	4
44	Perbaikan daun propeller	T. Mekanik Poros	5
45	NDT	T. Mekanik Poros	5

Lanjutan tabel 4.11 Data jumlah pekerja untuk masing-masing kegiatan

46	Balancing propeller	T. Mekanik Poros	5
47	Pengukuran pitch propeller	T. Mekanik Poros	5
48	Pasang propeller	T. Mekanik Poros	6
50	Pembersihan dan pengecekan	Cleaning	6
51	Perbaikan yang deformasi	T. Mekanik Poros	6
52	Pelurusan dan pengukuran shaft	T. Mekanik Poros	6
53	Smoothing & polishing shaft	T. Mekanik Poros	6
54	Pasang shaft propeller	T. Mekanik Poros	6
55	Main Engine		
56	Bongkar Main Engine	PT. AIR	8
57	Pembersihan main engine	PT. AIR	8
58	Pasang main engine	PT. AIR	8
59	Bongkar cooler air tawar & oil	PT. AIR	8
60	Pembersihan cooler	PT. AIR	8
61	Pasang cooler air tawar & oil	PT. AIR	8
62	Setting clearance engine valve	PT. AIR	8
63	Setting all electronic control main engine	PT. AIR	8
65	Lambung kapal BGA		
66	skraping 100%	Blasting/Painting	8
67	Waterjet	Blasting/Painting	8
68	Amplasing	Blasting/Painting	8
69	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	Blasting/Painting	8
70	Bongkar scaffolding	Blasting/Painting	8
71	Lambung kapal topside dan bulwark		
72	Pembersihan dengan detergen	Cleaning	5
73	Cuci air tawar	Cleaning	5
74	Pengamplasan	Blasting/Painting	5
75	Dicat 2 x AC	Blasting/Painting	5
76	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room		
77	bongkar valve	PT. AIR	4
78	Pengadaan material	Juru Beli	2
79	Pasang baru di kapal	PT. AIR	4
80	Undocking	Assist Dock, Operator Dock, Ship Superitendant	31

Setelah dilakukan penjadwalan dengan metode CPM, maka jumlah total pekerja yang didapat adalah sebagai berikut dapat dilihat dalam tabel 4.11 dibawah ini:

Tabel 4.12 *Resource Sheet* MS. Project Hasil Penjadwalan Metode CPM dengan Error

ID	Resource Name	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate
1	Pandu	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
2	Assist Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
3	Operator Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
4	Ship Superitendant	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
5	Tukang Fitter	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
6	Superitendant Produksi	3	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
7	Cleaning	10	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
8	Tukang Pipa	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
9	Tukang Mesin Mekanik	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
10	Blasting/Painting	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
11	Tukang Mekanik Poros	33	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
12	Tukang Las	6	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
13	PT. AIR	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
14	Juru Beli	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr

Berdasarkan tabel 4.12 terdapat *error* pada sumber daya Tukang Mekanik Poros. *Error* tersebut menandakan bahwa terjadi *overallocated* pada sumber daya tersebut dan mengakibatkan ada pekerja yang mengerjakan dua pekerjaan yang menggunakan sumber daya tersebut pada waktu yang sama. Oleh karena itu, untuk menghilangkan *error* tersebut harus ditambahkan unit maksimal dari sumber daya atau pekerja Tukang Mekanik Poros. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini:

Tabel 4.13 *Resource Sheet* Ms. Project Hasil Penjadwalan CPM

ID	Resource Name	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate
1	Pandu	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
2	Assist Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
3	Operator Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
4	Ship Superitendant	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
5	Tukang Fitter	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
6	Superitendant Produksi	3	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
7	Cleaning	10	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
8	Tukang Pipa	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
9	Tukang Mesin Mekanik	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
10	Blasting/Painting	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
11	Tukang Mekanik Poros	34	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
12	Tukang Las	6	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
13	PT. AIR	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
14	Juru Beli	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr

Berdasarkan tabel 4.13, sudah tidak ada *error* yang terjadi karena telah menambahkan jumlah orang pada sumber daya yang bermasalah. Tetapi jika berdasarkan pada data dari PT.ABC (Tabel 4.10) hasil penjadwalan dengan metode CPM terjadi *multitasking* pada jenis pekerja Tukang Mekanik Poros yang berjumlah 34 orang sedangkan batas maksimal satu jenis pekerja adalah 30 orang. Maka jenis pekerja itu akan mengerjakan dua atau lebih pekerjaan dalam satu waktu. Oleh karena itu, pada metode CCPM kondisi tersebut harus dihilangkan dengan cara memindahkan waktu pengerjaan pada suatu kegiatan yang menggunakan sumber daya yang sama agar terhindar dari *overallocated*. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 *Resource Sheet* MS. Project Penjadwalan Metode CCPM

ID	Resource Name	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate
1	Pandu	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
2	Assist Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
3	Operator Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
4	Ship Superitendant	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
5	Superitendant Produksi	3	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
6	Cleaning	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
7	Tukang Pipa	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
8	Tukang Mesin Mekanik	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
9	Blasting/Painting	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
10	Tukang Fitter	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
11	Tukang Mekanik Poros	17	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
12	Tukang Las	6	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
13	Juru Beli	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
14	PT. AIR	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr

Tabel 4.15 Tampilan *Resource Sheet* MS. Project Penjadwalan Metode CCPM dengan *Error*

ID	Resource Name	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate
1	Pandu	1	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
2	Assist Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
3	Operator Dock	15	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
4	Ship Superitendant	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
5	Superitendant Produksi	3	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
6	Cleaning	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
7	Tukang Pipa	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
8	Tukang Mesin Mekanik	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
9	Blasting/Painting	11	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
10	Tukang Fitter	8	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
11	Tukang Mekanik Poros	16	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
12	Tukang Las	6	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
13	Juru Beli	2	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr
14	PT. AIR	4	Rp85,000/hr	Rp85,000/hr

Berdasarkan Tabel 4.14, dapat dilihat bahwa jenis pekerja yang mengalami *multitasking* sudah dihilangkan dimana jumlah awalnya adalah 34 orang menjadi 17 orang. Dimana angka 17 adalah hasil maksimal pengurangan sumber daya dengan mengganti waktu kegiatan tanpa merubah komposisi pekerja pada setiap kegiatan dan tidak merubah jalur kritis (*critical path*) dari hasil penjadwalan CPM. Jika jumlah tersebut dikurangi, maka akan terjadi *error* yang telah dicontohkan pada Tabel 4.15.

4.5.3. Memasukan *Buffer* pada Penjadwalan CCPM

Pengurangan durasi aktivitas pada metode ini menyebabkan resiko keterlambatan semakin besar. Maka dari itu, *buffer* atau waktu penyangga harus diaplikasikan agar kegiatan tidak terlambat. *Buffer* ditambahkan kedalam waktu proyek yang durasi aktivitasnya dikurangi dengan tujuan dihasilkannya jadwal yang lebih aman. Pada tugas akhir ini digunakan metode *root square method* (RSEM). Cara ini sama dengan menghitung dua standar deviasi dengan memasukan durasi CPM (S) dan durasi CCPM (A) yang besarnya 50% dari estimasi aman. Besarnya *buffer* didapat dengan menyelesaikan persamaan 4.1 (Newbold, 1998):

$$Buffer\ Size = 2 \times \sqrt{\frac{S_1 - A_1^2}{2} + \frac{S_2 - A_2^2}{2} + \dots + \frac{S_n - A_n^2}{2}} \quad (4.1)$$

Dimana:

S = Durasi CPM

A = Durasi CCPM

Dari persamaan 4.1 maka didapat hasil perhitungan *buffer* yang dapat dilihat dalam tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16 Perhitungan *Buffer*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2 (1)	$((S-A)/2)^2$ (2)
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Pekerjaan Tangki					
4	Bongkar <i>man hole</i>	D	2	1	0.5	0.25
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	1	0.5	0.25	0.0625
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	1	0.5	0.25	0.0625
7	Pembersihan tangki	G	2	1	0.5	0.25
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	1	0.5	0.25	0.0625
9	Bongkar pipa sistem	I	15	7.5	3.75	14.0625
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	23	11.5	5.75	33.0625
11	Pasang pipa sistem	K	4	2	1	1
12	Pengecatan Tangki	L	7	3.5	1.75	3.0625
13	pasang <i>man hole</i>	M	2	1	0.5	0.25
	Sistem Propulsi					
	Konstruksi Sistem Kemudi					
14	Lepas kemudi	N	6	3	1.5	2.25
15	Lepas <i>propeller</i>	O	2	1	0.5	0.25
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	3	1.5	0.75	0.5625
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	3	1.5	0.75	0.5625
18	<i>Replate</i> lambung area	R	19	9.5	4.75	22.5625
19	NDT	S	1	0.5	0.25	0.0625
20	Pasang <i>I bracket</i>	T	5	2.5	1.25	1.5625
21	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	U	7	3.5	1.75	3.0625
	Stern Tube Packing					
22	Ukur diameter	V	4	2	1	1
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	4	2	1	1
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	X	4	2	1	1
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	4	2	1	1

Lanjutan Tabel 4.16 Perhitungan *Buffer*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2 (1)	((S-A)/2) ² (2)
	<i>Propeller Ka/Ki</i>					
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	3	1.5	0.75	0.5625
32	Perbaikan daun propeller	AF	5	2.5	1.25	1.5625
33	NDT	AG	1	0.5	0.25	0.0625
34	Balancing propeller	AH	2	1	0.5	0.25
35	Pengukuran pitch propeller	AI	2	1	0.5	0.25
36	Pasang propeller	AJ	2	1	0.5	0.25
	<i>Shaft Propeller</i>					
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	6	3	1.5	2.25
38	Perbaikan yang deformasi	AL	8	4	2	4
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	7	3.5	1.75	3.0625
40	Smoothing & polishing shaft	AN	3	1.5	0.75	0.5625
41	Pasang shaft propeller	AO	3	1.5	0.75	0.5625
	<i>Main Engine</i>					
42	Bongkar Main Engine	AP	2	1	0.5	0.25
43	Pembersihan main engine	AQ	10	5	2.5	6.25
44	Pasang main engine	AR	2	1	0.5	0.25
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	2	1	0.5	0.25
46	Pembersihan cooler	AT	10	5	2.5	6.25
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	2	1	0.5	0.25
48	Setting clearance engine valve	AV	12	6	3	9
49	Setting all electronic control main engine	AW	12	6	3	9
	<i>Lambung</i>					
	<i>Lambung Kapal BGA</i>					
50	skraping 100%	AX	1	0.5	0.25	0.0625
51	Waterjet	AY	1	0.5	0.25	0.0625
52	Amplasing	AZ	4	2	1	1
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	12	6	3	9
54	Bongkar scaffolding	BB	1	0.5	0.25	0.0625
	<i>Lambung Kapal Topside dan Bulwark</i>					
55	Pembersihan dengan detergen	BC	2	1	0.5	0.25
56	Cuci air tawar	BD	2	1	0.5	0.25
57	Pengamplasan	BE	11	5.5	2.75	7.5625

Lanjutan Tabel 4.16 Perhitungan *Buffer*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2 (1)	((S-A)/2) ² (2)
58	Dicat 2 x AC	BF	9	4.5	2.25	5.0625
	<i>Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room</i>					
59	bongkar valve	BG	5	2.5	1.25	1.5625
60	Pengadaan material	BH	12	6	3	9
61	Pasang baru di kapal	BI	5	2.5	1.25	1.5625
62	<i>Undocking</i>	BJ	1	0.5	0.25	0.0625

Dari tabel 4.16 mendapatkan hasil yaitu data pada kolom (1) dan kolom (2) yang nanti akan dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya yaitu menghitung *Feeding Buffer* dan *Project Buffer*.

4.5.3.1. Menghitung *Feeding Buffer*

Dalam metode CCPM ada beberapa jenis *buffer* yang digunakan yaitu *project buffer* dan *feeding buffer*. Keduanya memiliki perbedaan yaitu *feeding buffer* diletakan pada akhir rantai non kritis dan *project buffer* diletakan pada akhir kegiatan. Memasukan *feeding buffer* bertujuan untuk mengamankan rantai non kritis dari keterlambatan sehingga tidak membahayakan rantai kritis. Besarnya *buffer* dihitung menggunakan persamaan 4.1 dengan hasil dapat dilihat pada tabel 4.17 sampai 4.23 di bawah ini:

Tabel 4.17 Perhitungan *Feeding Buffer* 1

Jalur Non Kritis A-B-C-N-O-P-Q-R-S-T-U						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Sistem Propulsi					
	Konstruksi Sistem Kemudi					
4	Lepas kemudi	N	6	3	1.5	2.25

Lanjutan tabel 4.17 Perhitungan *Feeding Buffer 1*

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
5	Lepas <i>propeller</i>	O	2	1	0.5	0.25
6	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	3	1.5	0.75	0.5625
7	Bongkar <i>bracket</i>	Q	3	1.5	0.75	0.5625
8	<i>Replate</i> lambung area	R	19	9.5	4.75	22.5625
9	NDT	S	1	0.5	0.25	0.0625
10	Pasang <i>I bracket</i>	T	5	2.5	1.25	1.5625
11	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	U	7	3.5	1.75	3.0625
					Total	46.9375
					Feeding Buffer (Hari) =	13.70

Tabel 4.18 Perhitungan *Feeding Buffer 2*

Jalur Non Kritis A-B-C-V-W-X-Y-Z						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Stern Tube Packing					
4	Ukur diameter	V	4	2	1	1
5	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	4	2	1	1
6	Bongkar <i>gland packing/reames packing</i>	X	4	2	1	1
7	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	4	2	1	1
8	Pasang <i>gland packing/reames packing</i>	Z	4	2	1	1
					Total	21.0625
					Feeding Buffer (Hari) =	9.18

Tabel 4.19 Perhitungan *Feeding Buffer* 3

Jalur Non Kritis A-B-C-AE-AF-AG-AH-AI-AJ						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Propeller Ka/Ki					
4	Pembersihan & Pengecekan	AE	3	1.5	0.75	0.5625
5	Perbaikan daun propeller	AF	5	2.5	1.25	1.5625
6	NDT	AG	1	0.5	0.25	0.0625
7	Balancing propeller	AH	2	1	0.5	0.25
8	Pengukuran pitch propeller	AI	2	1	0.5	0.25
9	Pasang propeller	AJ	2	1	0.5	0.25
					Total	19
					Feeding Buffer (Hari) =	8.72

Tabel 4.20 Perhitungan *Feeding Buffer* 4

Jalur Non Kritis A-B-C-AK-AL-AM-AN-AN-AO						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Shaft Propeller					
4	Pembersihan dan pengecekan	AK	6	3	1.5	2.25
5	Perbaikan yang deformasi	AL	8	4	2	4
6	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	7	3.5	1.75	3.0625
7	Smoothing & polishing shaft	AN	3	1.5	0.75	0.5625
8	Pasang shaft propeller	AO	3	1.5	0.75	0.5625
					Total	26.5
					Feeding Buffer (Hari) =	10.29563

Tabel 4.21 Perhitungan *Feeding Buffer* 5

Jalur Non Kritis A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
	Pekerjaan Tangki					
3	Bongkar <i>man hole</i>	D	2	1	0.5	0.25
4	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	1	0.5	0.25	0.0625
5	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	1	0.5	0.25	0.0625
6	Pembersihan tangki	G	2	1	0.5	0.25
7	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	1	0.5	0.25	0.0625
8	Bongkar pipa sistem	I	15	7.5	3.75	14.0625
9	Perbaikan & penguatan tangki	J	23	11.5	5.75	33.0625
10	Pasang pipa sistem	K	4	2	1	1
11	Pengecatan Tangki	L	7	3.5	1.75	3.0625
12	pasang <i>man hole</i>	M	2	1	0.5	0.25
					Total	68.125
					Feeding Buffer (Hari) =	16.507574

Tabel 4.22 Perhitungan *Feeding Buffer* 6

Jalur Non Kritis A-B-AA-AB-AC-AD						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	((S-A)/2) ²
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
	Rudder					
3	Pembersihan <i>rudder</i>	AA	4	2	1	1
4	Replate kedudukan <i>rudder</i>	AB	28	14	7	49
5	NDT	AC	2	1	0.5	0.25
6	Pasang <i>rudder</i>	AD	4	2	1	1
					Total	67.25
					Feeding Buffer (Hari) =	16.40

Tabel 4.23 Perhitungan *Feeding Buffer* 7

Jalur Non Kritis A-B-C-AP-AQ-AR-AS-AT-AU-AV-AW						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Main Engine					
4	Bongkar Main Engine	AP	2	1	0.5	0.25
5	Pembersihan main engine	AQ	10	5	2.5	6.25
6	Pasang main engine	AR	2	1	0.5	0.25
8	Pembersihan cooler	AT	10	5	2.5	6.25
9	Pasang cooler air tawar & oil	AU	2	1	0.5	0.25
10	Setting clearance engine valve	AV	12	6	3	9
					Total	22.3125
					Feeding Buffer (Hari) =	9.45

Dari hasil perhitungan *feeding buffer* pada tabel 4.17 sampai dengan 4.23 maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tabel 4.24 *Summary* Perhitungan *Feeding Buffer*

No	Jalur Non Kritis	Feeding Buffer (Hari)	Feeding Buffer (Jam)
1	A-B-C-N-O-P-Q-R-S-T-U	13.70	109.62
2	A-B-C-V-W-X-Y-Z	9.18	73.43
3	A-B-C-AE-AF-AG-AH-AI-AJ	8.72	69.74
4	A-B-C-AK-AL-AM-AN-AO	10.30	82.37
5	A-B-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M	16.51	132.06
6	A-B-AA-AB-AC-AD	16.40	131.21
7	A-B-C-AP-AQ-AR-AS-AT-AU-AV-AW	9.45	75.52

4.5.3.2. Menghitung *Project Buffer*

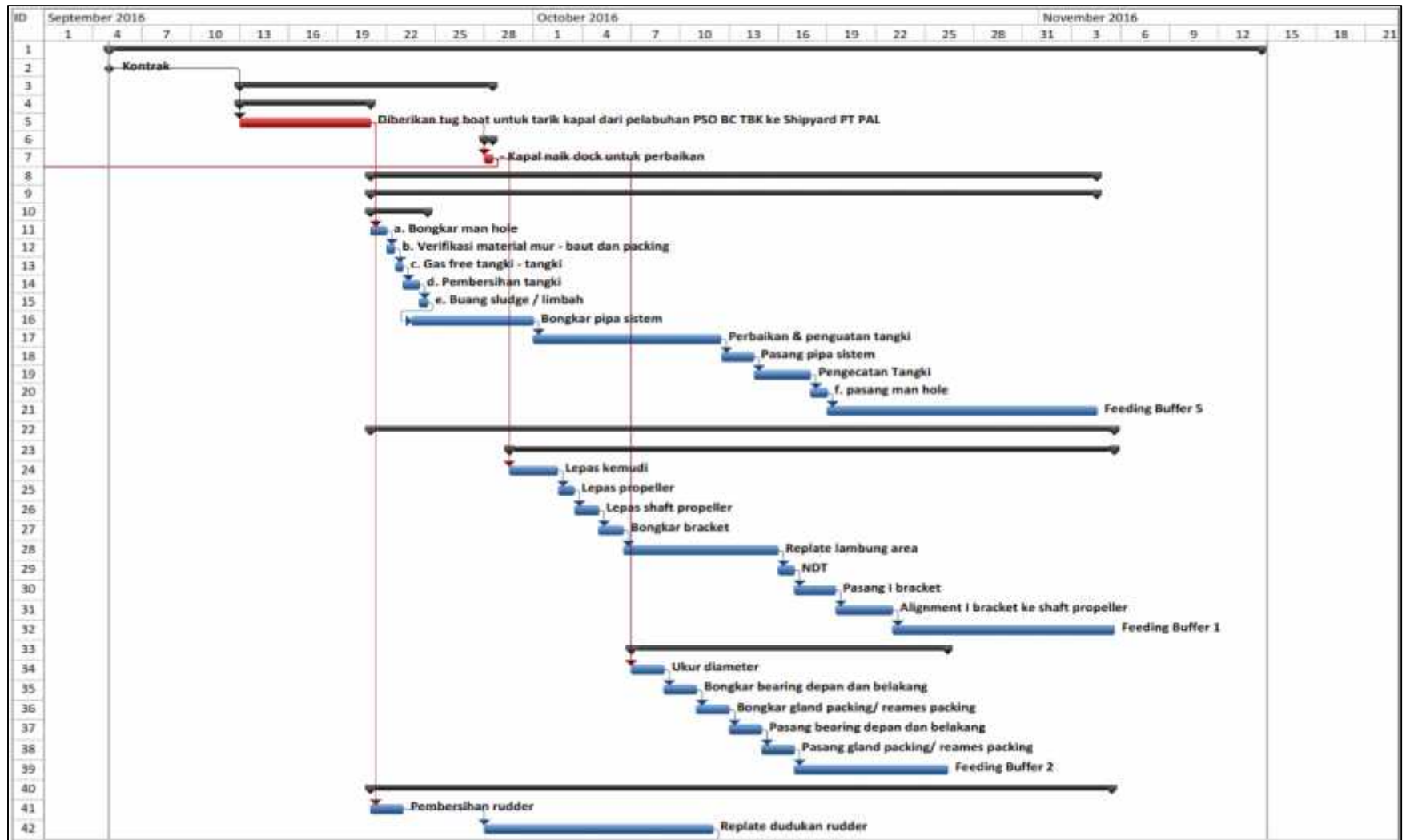
Setelah menghitung *feeding buffer*, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *project buffer*. *Buffer* ini ditambahkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir dari penyelesaiannya. Besarnya *buffer* dihitung

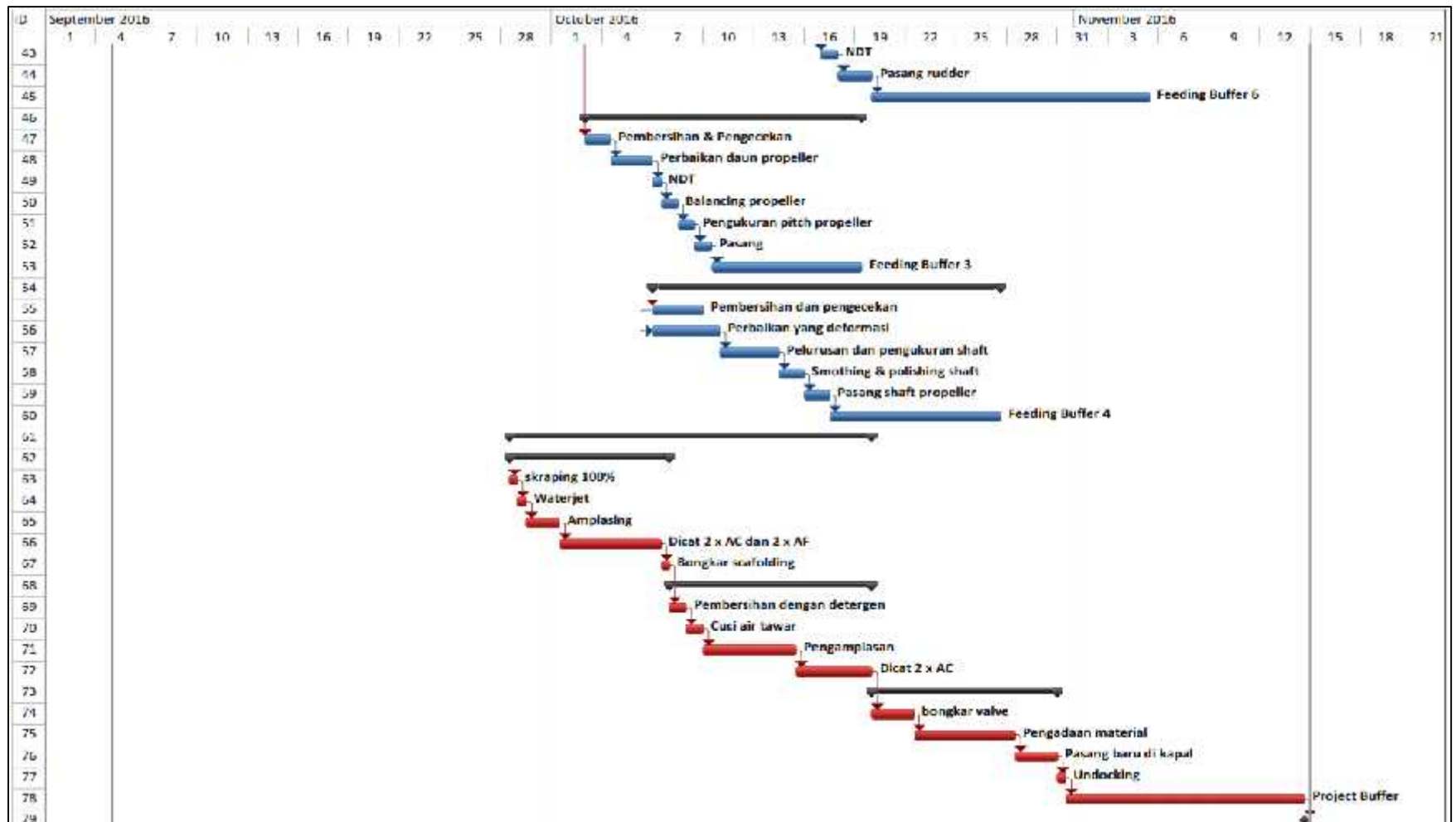
menggunakan persamaan 4.1 dengan hasil dapat dilihat pada tabel 4.25 sebagai berikut:

Tabel 4.25 Perhitungan *Project Buffer*

Jalur Kritis A-B-C-AX-AY-AZ-BA-BB-BC-BD-BE-BF-BG-BH-BI-BJ						
No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi CPM (S)	Durasi CCPM (A)	$(S-A)/2$	$((S-A)/2)^2$
1	Kontrak	A	0	0	0	0
	General Service					
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	16	8	4	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	1	0.5	0.25	0.0625
	Lambung					
	Lambung Kapal BGA					
4	skraping 100%	AP	1	0.5	0.25	0.0625
5	Waterjet	AQ	1	0.5	0.25	0.0625
6	Amplasing	AR	4	2	1	1
7	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	AS	12	6	3	9
8	Bongkar scaffolding	AT	1	0.5	0.25	0.0625
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark					
9	Pembersihan dengan detergen	AU	2	1	0.5	0.25
10	Cuci air tawar	AV	2	1	0.5	0.25
11	Pengamplasan	AW	11	5.5	2.75	7.5625
12	Dicat 2 x AC	AX	9	4.5	2.25	5.0625
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room					
13	bongkar <i>valve</i>	AY	5	2.5	1.25	1.5625
14	Pengadaan material	AZ	12	6	3	9
15	Pasang baru di kapal	BA	5	2.5	1.25	1.5625
16	<i>Undocking</i>	BB	1	0.5	0.25	0.0625
					Total	51.5625
Project Buffer (Hari) =						14.36

Dari hasil perhitungan tabel 4.25 didapat *project buffer* sebesar 14,36 hari yang dimasukkan ke dalam penjadwalan metode CCPM sehingga total durasi penjadwalan dengan metode CCPM menjadi 70,86 hari atau 71 hari.





Gambar 4.3. Hasil Penjadwalan MS. Project Metode CCPM

4.5.4. Membuat *Network Planning* untuk Metode CCPM

Sesuai dengan data waktu dan jenis kegiatan dalam bentuk *Work Breakdown Structure* (WBS) maka selanjutnya adalah membuat diagram jaringan kegiatan yang saling ketergantungan dan kegiatan apa saja di setiap lintasan. cara pembuatannya sama dengan metode CPM. Tujuan membuat *network planning* ini adalah sebagai pembanding penjadwalan dengan menggunakan MS. Project. Setelah membuat *Work Breakdown Structure* yang berisikan informasi kegiatan diantaranya waktu kegiatan, durasi dan keterkaitannya, maka selanjutnya adalah mengidentifikasi jalur kritis yang dimulai dengan perhitungan maju seperti ditunjukkan tabel di bawah ini:

Tabel 4.26 Perhitungan Maju CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju	
				ES	EF
1	Kontrak	A	8	0	8
	General Service				
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	8	8	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	0.5	16	16.5
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar <i>man hole</i>	D	1	16	17
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	0.5	17	17.5
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	0.5	17.5	18
7	Pembersihan tangki	G	1	18	19
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	0.5	19	19.5
9	Bongkar pipa sistem	I	7.5	19.5	27
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	11.5	27	38.5
11	Pasang pipa sistem	K	2	38.5	40.5
12	Pengecatan Tangki	L	3.5	40.5	44
13	pasang <i>man hole</i>	M	1	44	45
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	N	4	16.5	20.5
15	Lepas <i>propeller</i>	O	1	20.5	21.5
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	1.5	21.5	23

Lanjutan tabel 4.26 Perhitungan Maju CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju	
				ES	EF
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	1.5	23	24.5
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	1.5	23	24.5
18	Replate lambung area	R	9.5	24.5	33
19	NDT	S	0.5	33	33.5
20	Pasang I <i>bracket</i>	T	2.5	33.5	36
21	<i>Alignment I bracket</i> ke shaft propeller	U	3.5	36	39.5
	<i>Stern Tube Packing</i>				
22	Ukur diameter	V	8.5	16.5	25
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	2	25	27
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	X	2	27	29
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	2	29	31
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	Z	2	31	33
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan <i>rudder</i>	AA	2	16.5	18.5
28	Replate dudukan rudder	AB	19	18.5	37.5
29	NDT	AC	6	37.5	43.5
30	Pasang rudder	AD	2	43.5	45.5
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	6	16.5	22.5
32	Perbaikan daun propeller	AF	2.5	22.5	25
33	NDT	AG	0.5	25	25.5
34	Balancing propeller	AH	1	25.5	26.5
35	Pengukuran pitch propeller	AI	1	26.5	27.5
36	Pasang propeller	AJ	1	27.5	28.5
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	11.5	16.5	28
38	Perbaikan yang deformasi	AL	1	28	29
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	3.5	29	32.5
40	Smoothing & polishing shaft	AN	1.5	32.5	34
41	Pasang shaft propeller	AO	1.5	34	35.5
	<i>Main Engine</i>				
42	Bongkar Main Engine	AP	8	16.5	24.5
43	Pembersihan main engine	AQ	5	24.5	29.5

Lanjutan tabel 4.26 Perhitungan Maju CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju	
				ES	EF
44	Pasang main engine	AR	1	29.5	30.5
44	Pasang main engine	AR	1	29.5	30.5
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	1	29.5	30.5
46	Pembersihan cooler	AT	5	30.5	31.5
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	1	31.5	32.5
48	Setting clearance engine valve	AV	6	32.5	38.5
49	Setting all electronic control main engine	AW	6	32.5	38.5
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	AX	7.5	16.5	24
51	Waterjet	AY	0.5	24	24.5
52	Amplasing	AZ	2	24.5	26.5
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	6	26.5	32.5
54	Bongkar scaffolding	BB	0.5	32.5	33
	Lambung Kapal <i>Topside</i> dan <i>Bulwark</i>				
55	Pembersihan dengan detergen	BC	1	33	34
56	Cuci air tawar	BD	1	34	35
57	Pengamplasan	BE	5.5	35	40.5
58	Dicat 2 x AC	BF	4.5	40.5	45
	<i>Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room</i>				
59	bongkar valve	BG	2.5	45	47.5
60	Pengadaan material	BH	6	47.5	53.5
61	Pasang baru di kapal	BI	2.5	53.5	56
62	<i>Undocking</i>	BJ	0.5	56	56.5

Setelah dilakukan perhitungan maju untuk mendapatkan ES (Early Start) dan EF (Early Finish) maka dilanjutkan dengan perhitungan mundur untuk mendapatkan nilai LS (Latest Start) dan LF (Latest Finish) seperti yang terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.27 Perhitungan Mundur CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Mundur	
				LS	LF
1	Kontrak	A	8	0	8
	General Service				
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	B	8	8	16
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	C	0.5	16	16.5
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar <i>man hole</i>	D	1	27	28
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	E	0.5	28	28.5
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	F	0.5	28.5	29
7	Pembersihan tangki	G	1	29	30
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	H	0.5	30	30.5
9	Bongkar pipa sistem	I	7.5	30.5	38
10	Perbaikan & penguatan tangki	J	11.5	38	49.5
11	Pasang pipa sistem	K	2	49.5	51.5
12	Pengecatan Tangki	L	3.5	51.5	55
13	pasang <i>man hole</i>	M	1	55	56
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	N	4	32	36
15	Lepas <i>propeller</i>	O	1	36	37
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	P	1.5	37	38.5
17	Bongkar <i>bracket</i>	Q	1.5	38.5	40
18	<i>Replate</i> lambung area	R	9.5	40	49.5
19	NDT	S	0.5	49.5	50
20	Pasang <i>I bracket</i>	T	2.5	50	52.5
21	<i>Alignment I bracket</i> ke shaft propeller	U	3.5	52.5	56
	Stern Tube Packing				
22	Ukur diameter	V	8.5	39.5	48
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	W	2	48	50
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	X	2	50	52
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	Y	2	52	54

Lanjutan tabel 4.27 Perhitungan Mundur CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Mundur	
				LS	LF
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	Z	2	54	56
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan <i>rudder</i>	AA	2	27	29
28	Replate dudukan rudder	AB	19	29	48
29	NDT	AC	6	48	54
30	Pasang rudder	AD	2	54	56
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	AE	6	44	50
32	Perbaikan daun propeller	AF	2.5	50	52.5
33	NDT	AG	0.5	52.5	53
34	Balancing propeller	AH	1	53	54
35	Pengukuran pitch propeller	AI	1	54	55
36	Pasang propeller	AJ	1	55	56
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	AK	11.5	37	48.5
38	Perbaikan yang deformasi	AL	1	48.5	49.5
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	AM	3.5	49.5	53
40	Smothing & polishing shaft	AN	1.5	53	54.5
41	Pasang shaft propeller	AO	1.5	54.5	56
	Main Engine				
42	Bongkar Main Engine	AP	8	30	38
43	Pembersihan main engine	AQ	5	38	43
44	Pasang main engine	AR	1	43	44
45	Bongkar cooler air tawar & oil	AS	1	43	44
46	Pembersihan cooler	AT	5	44	49
47	Pasang cooler air tawar & oil	AU	1	49	50
48	Setting clearance engine valve	AV	6	50	56
49	Setting all electronic control main engine	AW	6	50	56
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skrapping 100%	AX	7.5	16.5	24
51	Waterjet	AY	0.5	24	24.5

Lanjutan tabel 4.27 Perhitungan Mundur CCPM

No.	Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Mundur	
				LS	LF
52	Amplasing	AZ	2	24.5	26.5
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	BA	6	26.5	32.5
54	Bongkar scaffolding	BB	0.5	32.5	33
	Lambung Kapal <i>Topside</i> dan <i>Bulwark</i>				
55	Pembersihan dengan detergen	BC	1	33	34
56	Cuci air tawar	BD	1	34	35
57	Pengamplasan	BE	5.5	35	40.5
58	Dicat 2 x AC	BF	4.5	40.5	45
	Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room				
59	bongkar valve	BG	2.5	45	47.5
60	Pengadaan material	BH	6	47.5	53.5
61	Pasang baru di kapal	BI	2.5	53.5	56
62	Undocking	BJ	0.5	56	56.5

Dari hasil perhitungan LS dan LF diatas, contoh yang didapatkan ES peristiwa BJ adalah 56. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa BJ paling lambat dimulai pada hari ke 56. Sedangkan LF peristiwa BJ adalah 56.5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peristiwa BJ paling lambat selesai dikerjakan pada hari ke 56.5.

Setelah melakukan perhitungan maju dan mundur dan telah mendapat besarnya ES, EF, LS, dan LF maka selanjutnya bisa dilakukan identifikasi jalur kritis dengan perhitungan *total float* yang dapat dilihat dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.28 Perhitungan Total Float CCPM

No.	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	
1	A	8	0	8	0	8	0
2	B	8	8	16	8	16	0
3	C	0.5	16	16.5	16	16.5	0
4	D	1	16	17	27	28	11
5	E	0.5	17	17.5	28	28.5	11
6	F	0.5	17.5	18	28.5	29	11

Lanjutan tabel 4.28 Perhitungan *Total Float* CCPM

No.	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	TF
7	G	1	18	19	29	30	11
8	H	0.5	19	19.5	30	30.5	11
9	I	7.5	19.5	27	30.5	38	11
10	J	11.5	27	38.5	38	49.5	11
11	K	2	38.5	40.5	49.5	51.5	11
12	L	3.5	40.5	44	51.5	55	11
13	M	1	44	45	55	56	11
14	N	4	16.5	20.5	32	36	15.5
15	O	1	20.5	21.5	36	37	15.5
16	P	1.5	21.5	23	37	38.5	15.5
17	Q	1.5	23	24.5	38.5	40	15.5
18	R	9.5	24.5	33	40	49.5	16.5
19	S	0.5	33	33.5	49.5	50	16.5
20	T	2.5	33.5	36	50	52.5	16.5
21	U	3.5	36	39.5	52.5	56	16.5
22	V	8.5	16.5	25	39.5	48	23
23	W	2	25	27	48	50	23
24	X	2	27	29	50	52	23
25	Y	2	29	31	52	54	23
26	Z	2	31	33	54	56	23
27	AA	2	16.5	18.5	27	29	10.5
28	AB	19	18.5	37.5	29	48	10.5
29	AC	6	37.5	43.5	48	54	10.5
30	AD	2	43.5	45.5	54	56	10.5
31	AE	6	16.5	22.5	44	50	27.5
32	AF	2.5	22.5	25	50	52.5	27.5
33	AG	0.5	25	25.5	52.5	53	27.5
34	AH	1	25.5	26.5	53	54	27.5
35	AI	1	26.5	27.5	54	55	27.5
36	AJ	1	27.5	28.5	55	56	27.5
37	AK	11.5	16.5	28	37	48.5	20.5
38	AL	1	28	29	48.5	49.5	20.5
39	AM	3.5	29	32.5	49.5	53	20.5
40	AN	1.5	32.5	34	53	54.5	20.5
41	AO	1.5	34	35.5	54.5	56	20.5
42	AP	8	16.5	24.5	30	38	13.5

Lanjutan tabel 4.28 Perhitungan *Total Float* CCPM

No.	Kode Kegiatan	Durasi (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float
			ES	EF	LS	LF	
43	AQ	5	24.5	29.5	38	43	13.5
44	AR	1	29.5	30.5	43	44	13.5
45	AS	1	29.5	30.5	43	44	13.5
46	AT	5	30.5	31.5	44	49	17.5
47	AU	1	31.5	32.5	49	50	17.5
48	AV	6	32.5	38.5	50	56	17.5
49	AW	6	32.5	38.5	50	56	17.5
50	AX	7.5	16.5	24	16.5	24	0
51	AY	0.5	24	24.5	24	24.5	0
52	AZ	2	24.5	26.5	24.5	26.5	0
53	BA	6	26.5	32.5	26.5	32.5	0
54	BB	0.5	32.5	33	32.5	33	0
55	BC	1	33	34	33	34	0
56	BD	1	34	35	34	35	0
57	BE	5.5	35	40.5	35	40.5	0
58	BF	4.5	40.5	45	40.5	45	0
59	BG	2.5	45	47.5	45	47.5	0
60	BH	6	47.5	53.5	47.5	53.5	0
61	BI	2.5	53.5	56	53.5	56	0
62	BJ	0.5	56	56.5	56	56.5	0

Dari perhitungan *Total Float* di tabel 4.28, maka dapat ditentukan lintasan kritis dimana lintasan kritis memiliki total float = 0, sehingga dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kegiatan yang memiliki total float = 0 adalah kegiatan A-B-C-AX-AY-AZ-BA-BB-BC-BD-BE-BF-BG-BH-BI-BJ, maka jalur yang melewati kegiatan-kegiatan ini adalah kritis.
2. Waktu total penyelesaian proyek perbaikan kapal BC 30002 dengan metode penjadwalan *network planning* adalah 56,5 hari.
3. Hasil yang didapat sama seperti penjadwalan menggunakan MS. Project

4.5.5. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung

Perhitungan biaya langsung diperoleh dari pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku pada proyek perbaikan kapal BC 30002. Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada tabel 4.8 maka biaya tenaga kerja total yang dikeluarkan dalam proyek ini didapat dari perkalian upah masing-masing jenis pekerjaan dengan durasi tiap kegiatan serta jumlah pekerja yang digunakan pada kegiatan tersebut.

Karena pada metode CCPM ini ditekankan pada peningkatan produktivitas proyek khususnya pada masing-masing kegiatan di dalamnya, maka upah pekerja yang bekerja harus dinaikan selaras dengan peningkatan produktivitas tersebut. Oleh karena itu, upah pekerja mengalami peningkatan sebesar dua kali lipat upah normalnya yaitu sebesar Rp. 170.000,00 per jam. Maka hasil perhitungan biaya tenaga kerja langsung dapat dilihat pada tabel 4.29 di bawah ini :

Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode CCPM

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
1	Kontrak	0			
	General Service				
2	Diberikan <i>tug boat</i> untuk tarik kapal dari pelabuhan PSO BC TBK ke <i>Shipyards</i> PT PAL	64	Pandu	1	Rp8,160,000.00
3	Kapal naik dock untuk perbaikan	4	Assist Dock, Operator Dock, Ship Superitendant	31	Rp15,810,000.00
	Pekerjaan Tangki				
4	Bongkar <i>man hole</i>	8	Tukang Fitter	4	Rp4,080,000.00
5	Verifikasi material mur - baut dan <i>packing</i>	4	Superitendant Produksi	3	Rp1,530,000.00
6	<i>Gas free</i> tangki - tangki	4	Cleaning	5	Rp2,550,000.00
7	Pembersihan tangki	8	Cleaning	5	Rp5,100,000.00
8	Buang <i>sludge</i> / limbah	4	Cleaning	5	Rp2,550,000.00
9	Bongkar pipa sistem	60	Tukang Pipa	4	Rp30,600,000.00
10	Perbaikan & penguatan tangki	92	Tukang Mesing Mekanik	8	Rp93,840,000.00
11	Pasang pipa sistem	16	Tukang Pipa	4	Rp8,160,000.00
12	Pengecatan Tangki	28	Blasting/Painting	6	Rp21,420,000.00
13	pasang <i>man hole</i>	8	Tukang Fitter	4	Rp4,080,000.00

Lanjutan Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode CCPM

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
	Sistem Propulsi				
	Konstruksi Sistem Kemudi				
14	Lepas kemudi	24	Tukang Mekanik Poros	6	Rp18,360,000.00
15	Lepas <i>propeller</i>	8	Tukang Mekanik Poros	6	Rp6,120,000.00
16	Lepas <i>shaft propeller</i>	12	Tukang Mekanik Poros	6	Rp9,180,000.00
17	Bongkar <i>bracket</i>	12	Tukang Mekanik Poros	5	Rp7,650,000.00
18	<i>Replate</i> lambung area	76	Tukang Fitter, Tukang Las	7	Rp67,830,000.00
19	NDT	4	Tukang Mekanik Poros	5	Rp2,550,000.00
20	Pasang I <i>bracket</i>	20	Tukang Mekanik Poros	5	Rp12,750,000.00
21	<i>Alignment I bracket</i> ke <i>shaft propeller</i>	28	Tukang Mekanik Poros	3	Rp10,710,000.00
	<i>Stern Tube Packing</i>				
22	Ukur diameter	16	Tukang Mekanik Poros	4	Rp8,160,000.00
23	Bongkar <i>bearing</i> depan dan belakang	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp10,200,000.00
24	Bongkar <i>gland packing/ reames packing</i>	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp10,200,000.00
25	Pasang <i>bearing</i> depan dan belakang	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp10,200,000.00
26	Pasang <i>gland packing/ reames packing</i>	16	Tukang Mekanik Poros	5	Rp10,200,000.00
	<i>Rudder</i>				
27	Pembersihan <i>rudder</i>	16	Cleaning	4	Rp8,160,000.00
28	<i>Replate</i> udukan <i>rudder</i>	112	Tukang Fitter, Tukang Las	7	Rp99,960,000.00
29	NDT	8	Tukang Mekanik Poros	5	Rp5,100,000.00
30	Pasang <i>rudder</i>	16	Tukang Mekanik Poros	6	Rp12,240,000.00
	<i>Propeller Ka/Ki</i>				
31	Pembersihan & Pengecekan	12	Cleaning	4	Rp6,120,000.00
32	Perbaikan daun <i>propeller</i>	20	Tukang Mekanik Poros	5	Rp12,750,000.00
33	NDT	4	Tukang Mekanik Poros	5	Rp2,550,000.00
34	Balancing <i>propeller</i>	8	Tukang Mekanik Poros	5	Rp5,100,000.00
35	Pengukuran pitch <i>propeller</i>	8	Tukang Mekanik Poros	5	Rp5,100,000.00
36	Pasang <i>propeller</i>	8	Tukang Mekanik Poros	6	Rp6,120,000.00

Lanjutan Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode C

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
	<i>Shaft Propeller</i>				
37	Pembersihan dan pengecekan	24	Cleaning	6	Rp18,360,000.00
38	Perbaikan yang deformasi	32	Tukang Mekanik Poros	6	Rp24,480,000.00
39	Pelurusan dan pengukuran shaft	28	Tukang Mekanik Poros	6	Rp21,420,000.00
40	Smoothing & polishing shaft	12	Tukang Mekanik Poros	6	Rp9,180,000.00
41	Pasang shaft propeller	12	Tukang Mekanik Poros	6	Rp9,180,000.00
	Main Engine				
42	Bongkar Main Engine	8	PT. AIR	8	Rp8,160,000.00
43	Pembersihan main engine	40	PT. AIR	8	Rp40,800,000.00
44	Pasang main engine	8	PT. AIR	8	Rp8,160,000.00
45	Bongkar cooler air tawar & oil	8	PT. AIR	8	Rp8,160,000.00
46	Pembersihan cooler	40	PT. AIR	8	Rp40,800,000.00
47	Pasang cooler air tawar & oil	8	PT. AIR	8	Rp8,160,000.00
48	Setting clearance engine valve	48	PT. AIR	8	Rp48,960,000.00
49	Setting all electronic control main engine	48	PT. AIR	8	Rp48,960,000.00
	Lambung				
	Lambung Kapal BGA				
50	skraping 100%	4	Blasting/Painting	8	Rp4,080,000.00
51	Waterjet	4	Blasting/Painting	8	Rp4,080,000.00
52	Amplasing	16	Blasting/Painting	8	Rp16,320,000.00
53	Dicat 2 x AC dan 2 x AF	48	Blasting/Painting	8	Rp48,960,000.00
54	Bongkar scaffolding	4	Blasting/Painting	8	Rp4,080,000.00
	Lambung Kapal Topside dan Bulwark				
55	Pembersihan dengan detergen	8	Cleaning	5	Rp5,100,000.00
56	Cuci air tawar	8	Cleaning	5	Rp5,100,000.00
57	Pengamplasan	44	Blasting/Painting	5	Rp28,050,000.00
58	Dicat 2 x AC	36	Blasting/Painting	5	Rp22,950,000.00

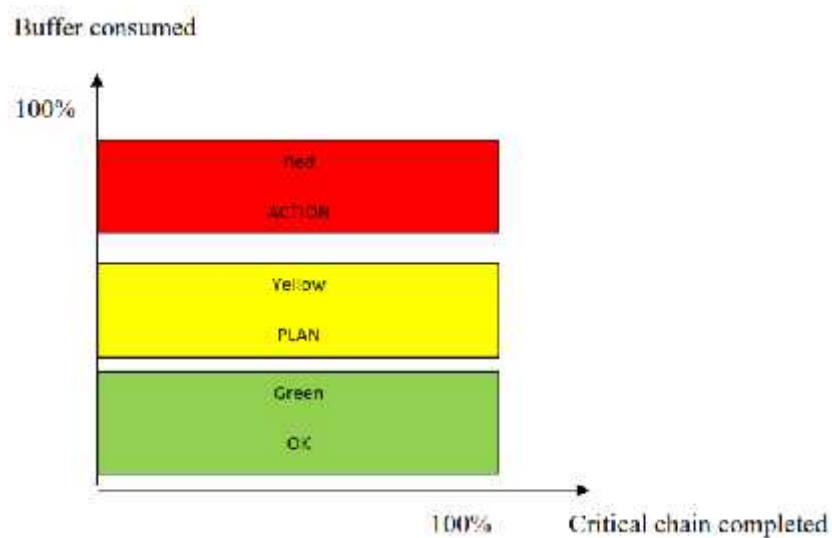
Lanjutan Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode CCPM

No.	Kegiatan	Durasi (Jam)	Jenis Pekerja	Jumlah Pekerja	Total Biaya
	<i>Sea Chest Valve Auxiliary Generator Room</i>				
59	bongkar valve	40	PT. AIR	4	Rp10,200,000.00
60	Pengadaan material	96	Juru Beli	2	Rp12,240,000.00
61	Pasang baru di kapal	40	PT. AIR	4	Rp10,200,000.00
62	Undocking	8	Assist Dock, Operator Dock, Ship Superitendant	31	Rp15,810,000.00
				TOTAL	Rp1,027,140,000.00

Berdasarkan perhitungan durasi CCPM dan biaya tenaga kerja maka didapat durasi total selama 71 hari dan total biaya Rp. 1.027.140.000,00 (satu miliar dua puluh tujuh juta seratus empat puluh ribu rupiah).

4.5.6. Analisa Buffer Management

Managemen *Buffer* digunakan untuk memonitoring jadwal ketika eksekusi, dimana hanya *project buffer* yang diawasi dibandingkan dengan ratusan kegiatan di metode CPM. Managemen *Buffer* bertindak sebagai alat untuk menjaga keandalan dari jadwal proyek tetapi tidak merubah *critical chain* dibandingkan dengan metode CPM.



Gambar 4.4. Pembagian Daerah Penggunaan *Buffer*

Managemen *buffer* dibagi menjadi tiga divisi yang sama besar, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 dibedakan menjadi beberapa warna yaitu: hijau, kuning dan merah. Warna hijau menunjukkan area dari nilai negative sampai satu per tiga pemakaian. Ini menunjukkan zona aman dimana tidak diharuskannya mengambil tindakan. Warna kuning menunjukkan zona transisi dimana tindakan harus sudah direncanakan siapatau dibutuhkan jika konsumsi *buffer* dinilai banyak. Tindakan pencegahannya berupa indentifikasi masalah, membuat strategi untuk memecahkan masalah tersebut. Warna merah menunjukkan dimana tindakan pemulihan yang telah direncanakan sebelumnya harus dilaksanakan.

Berdasarkan perhitungan dan Analisa sebelumnya telah didapat besarnya *project buffer* yaitu selama 14,36 hari. Dari hasil tersebut selanjutnya akan dibagi menjadi tiga sama besar yang akan menentukan daerah-daerahnya seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.30 Presentase Pemakaian Durasi *Project Buffer*

Zona Pemakaian <i>Buffer</i>	<i>Project Buffer</i> (Hari)	Durasi yang Terpakai (Hari)
0% - 33%	14,36	< 4,78
34% - 67%	14,36	4,78 sampai 9,57
68% - 100%	14,36	> 9,57

Pemakaian durasi *project buffer* dapat memberikan informasi bagi pihak pelaksana proyek dalam mengambil tindakan yang terkait dengan pengendalian saat pelaksanaan proyek, khususna dalam mengendalikan resiko yang akan membuat proyek menjadi terlambat. Dengan menekan resiko yang akan terjadi maka secara langsung dapat menekan pemakaian durasi *project buffer*. Pada tabel 4.30 mengidentifikasikan kapan pihak pelaksana perlu mengambil tindakan, khususnya jika pemakaian *buffer* telah mencapai zona merah.

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil Analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Durasi total proyek yang didapatkan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) adalah selama 98 hari dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp. 1.369.520.000,00 (satu miliar tiga ratus enam puluh sembilan juta lima ratus dua puluh ribu rupiah).
2. Durasi total proyek yang didapatkan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) adalah selama 71 hari dan biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp. 1.027.140.000,00 (satu miliar dua puluh tujuh juta seratus empat puluh ribu rupiah).
3. Dari hasil kedua metode tersebut, maka metode CCPM akan menghasilkan durasi yang lebih cepat yaitu 27 hari.

5.2. Saran

Dalam pengaplikasian metode CCPM untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan perhitungan produktivitas masing-masing kegiatan agar hasil pengurangan durasi kegiatan akurat dengan kondisi yang terjadi di lapangan, serta dalam *buffer management* harus ditambahkan analisa resiko agar dapat mengetahui seberapa besar penggunaan *buffer* dan tindakan yang harus dilakukan. Pada analisa biaya juga dapat ditambahkan biaya material, jasa, dan alat yang digunakan.

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

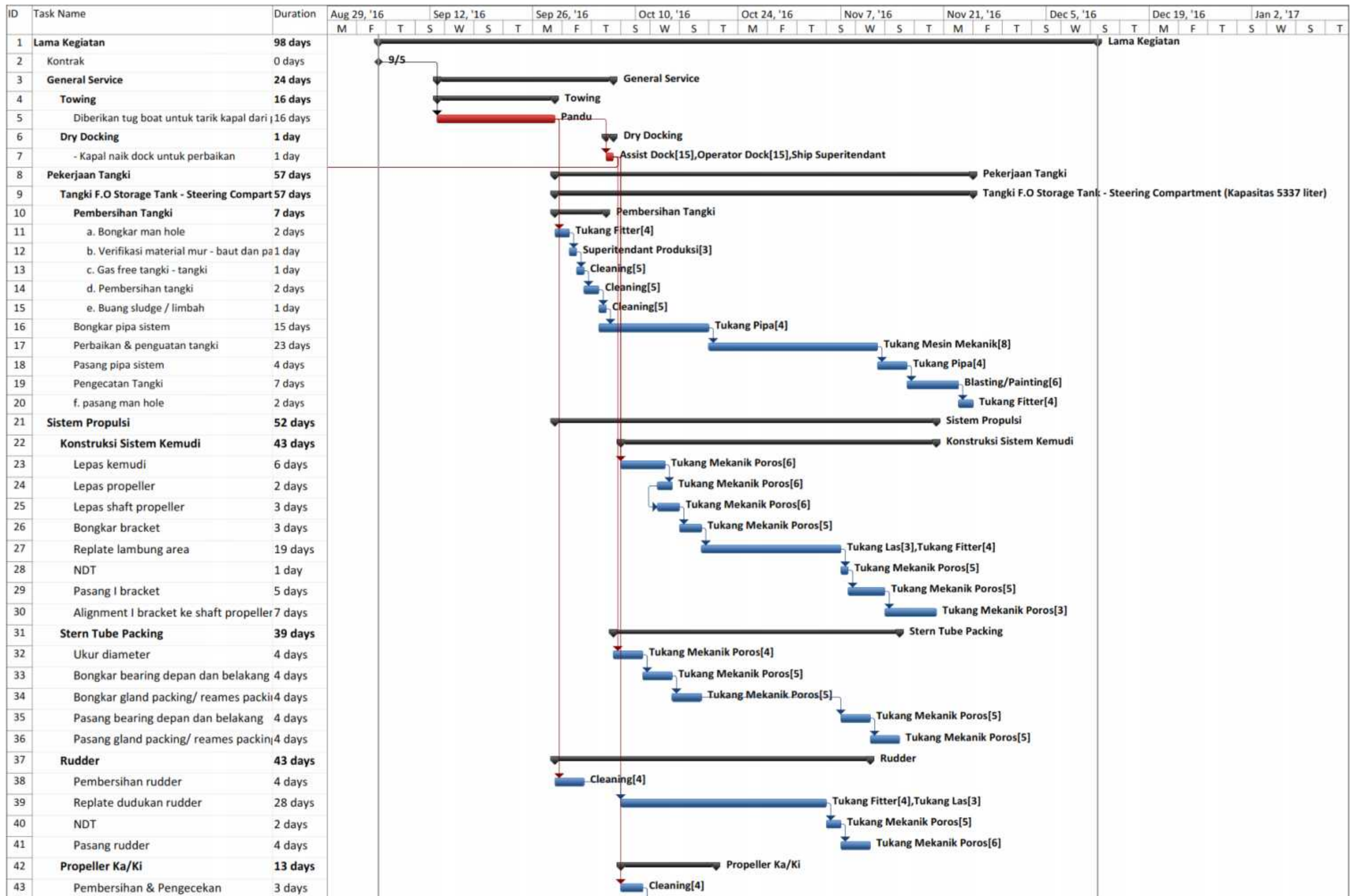
- Aulady, M., Orleans, C. 2016. *Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut)*. Jurnal IPTEK Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 20 (1), hal 14-18.
- Ayu, D. S. 2011. *Analisa Resiko Pembangunan Kapal Baru*. Tugas Akhir. Jurusan Sistem Perkapalan ITS, Surabaya.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2016. *Volume I: Rules for Classifications and and Surveys*. Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia.
- Eyes, Bisot. 2010. *Kapal Patroli Cepat 38 m Bea Cukai Diserahkan PT. PAL Indonesia*. Diakses pada tanggal 19 Februari 2016. <https://bisot.wordpress.com/2010/01/12/kapal-patroli-bc38/>
- Goldratt, E. M. 1997. *Critical Chain*. Massachusetts: North River Press.
- Hapsari, R. I. *Penerapan Metode Lean Project Management dalam Perencanaan Proyek Kontruksi pada Pembangunan Gedung SDN Bekthiharjo II Semanding Tuban*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri ITS, Surabaya.
- Kementrian Keuangan Republik Indonesia. 2010. *Kapal Patroli BC 30002 Perkuat Armada Bea Cukai*. Diakses pada tanggal 19 Februari 2016. <http://www.kemenkeu.go.id/Berita/fast-patrol-boat-bc-30002-perkuat-armada-bea-cukai>
- Leach, L. P. 2000. *Critical Chain Management*. Boston: Artech House.
- Newbold, R. C. 1998. *Project Management in the Fast Lane: Applying the Theory of Constraints*. Florida: St. Lucie Press.
- Project Management Institute. 2013. *A Guide to the Management Body of Knowledge 5th Edition*. Pennsylvania: Project Management Institute Inc.

- Ramanda, R., Arvianto, A. *Penerapan Critical Chain Management untuk Mengatasi Masalah Multi Proyek dengan Keterbatasan Resource di PT. Berkat Manunggal Jaya*. Jurnal Program Studi Teknik Industri Universitas Diponogoro, hal 3-4. Fakultas Bisnis dan Manajemen. Universitas Widyatama.
- Somantri, Agus. 2005. *Studi Tentang Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Penambahan Ruang Kelas di POLITEKNIK Manufaktur pada PT. Haryang Kuning*. Skripsi
- Shurrab, M. 2015. *Traditional Critical Path Method versus Critical Chain Project Management: A Comparative View*. International Jurnal of Economics & Management Sciences, 4 (9), hal 1-2.
- Soeharto, Imam. 1998. *Management Proyek dari Konsep Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Stratton, Roy. 2009. *Critical Chain Project Management Theory and Practice*. POMS 20th Annual Conference. Nottingham : Nottingham Business School.
- Triaditya, Yuniar. 2015. *Kajian Percepatan Penjadwalan Overhaul Kapal Selam (KRI CAKRA – 401) dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation Review and Technique*. Tesis. Tidak dipublikasikan.
- Valikoniene, L. 2014. *Resource Buffer in Critical Chain Project Management*. Thesis. Faculty of Engineering and Physical Science University of Manchester, Manchester.

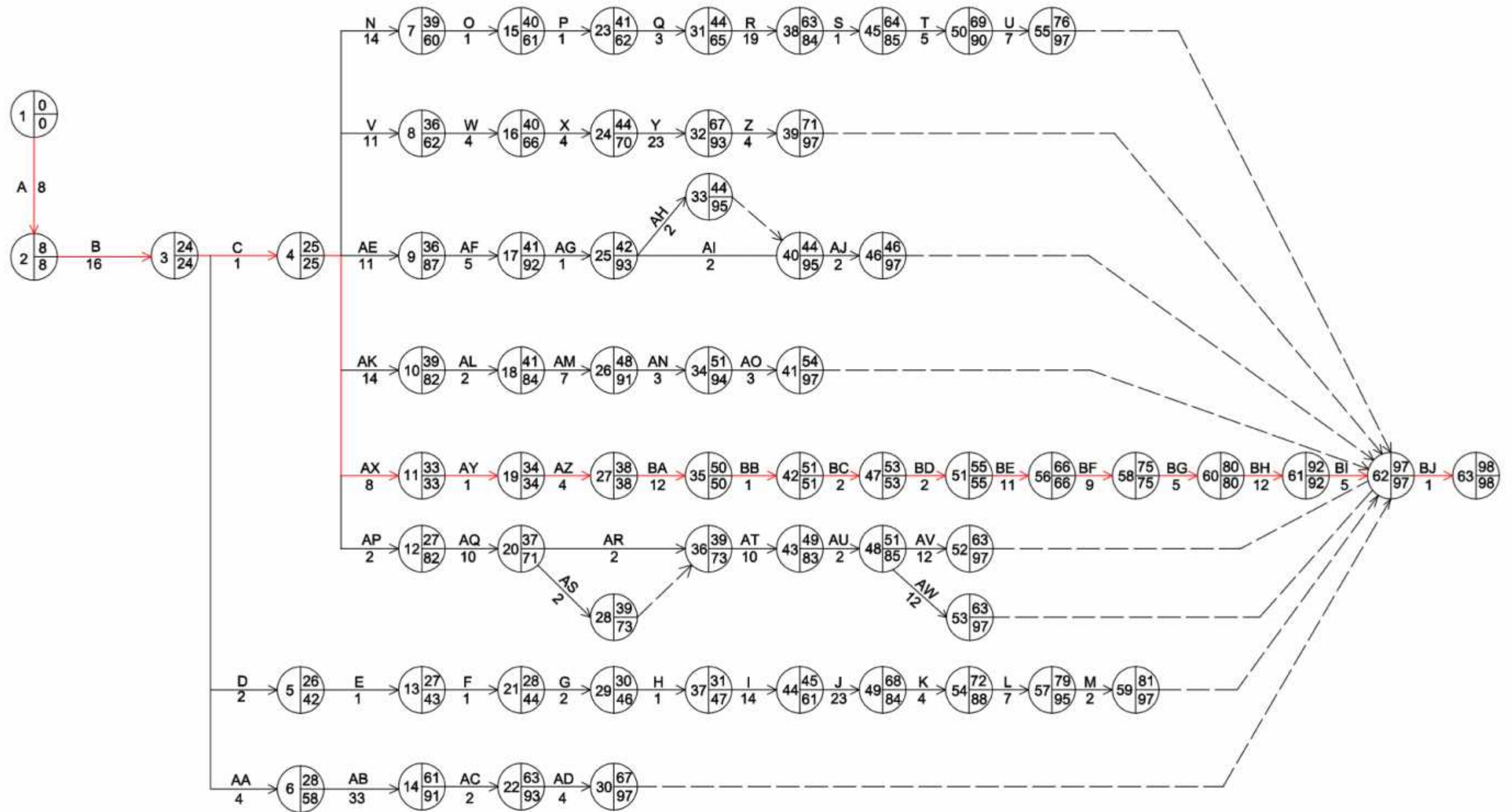
LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PENJADWALAN MS. PROJECT CPM



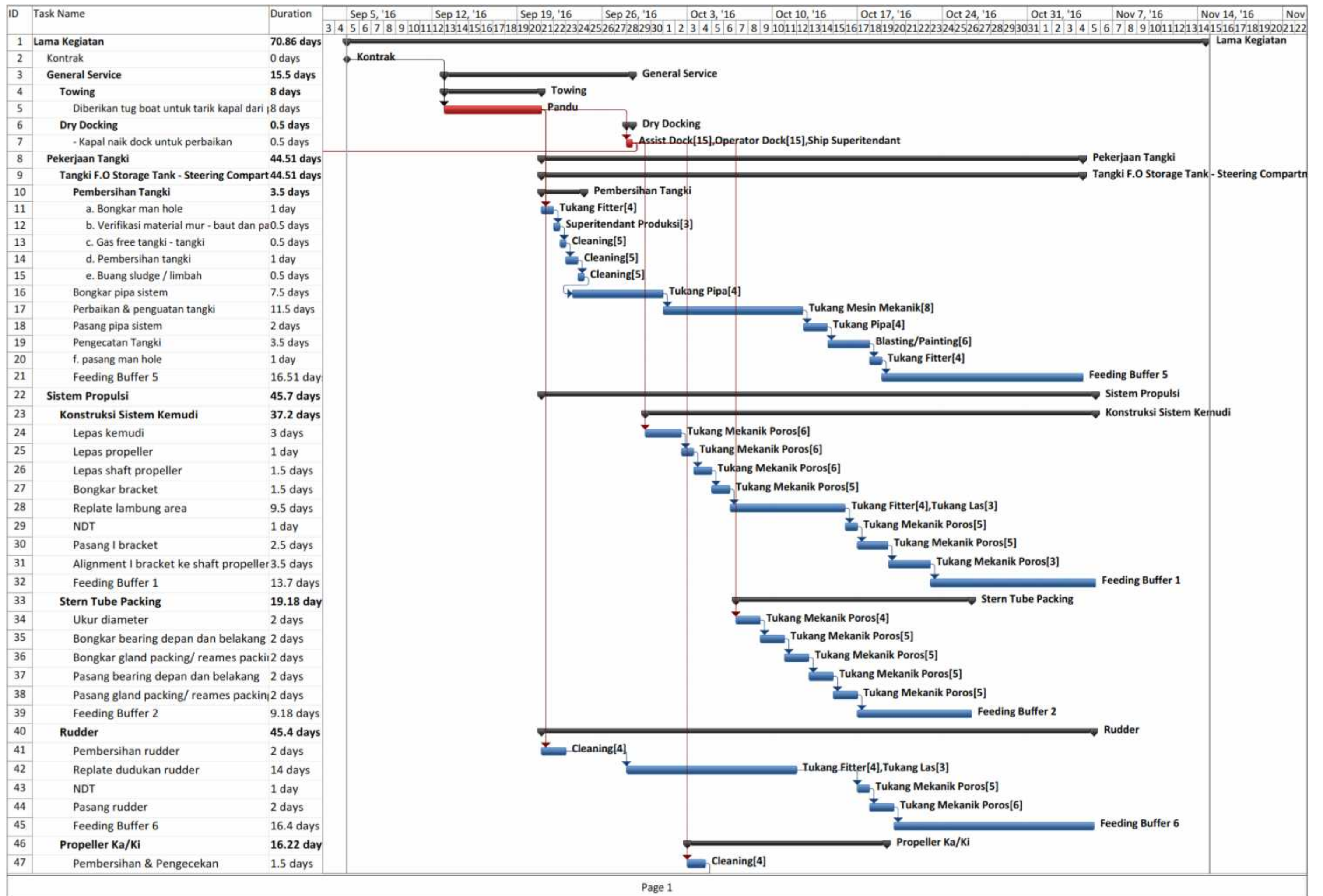
LAMPIRAN B
NETWORK PLANNING CPM

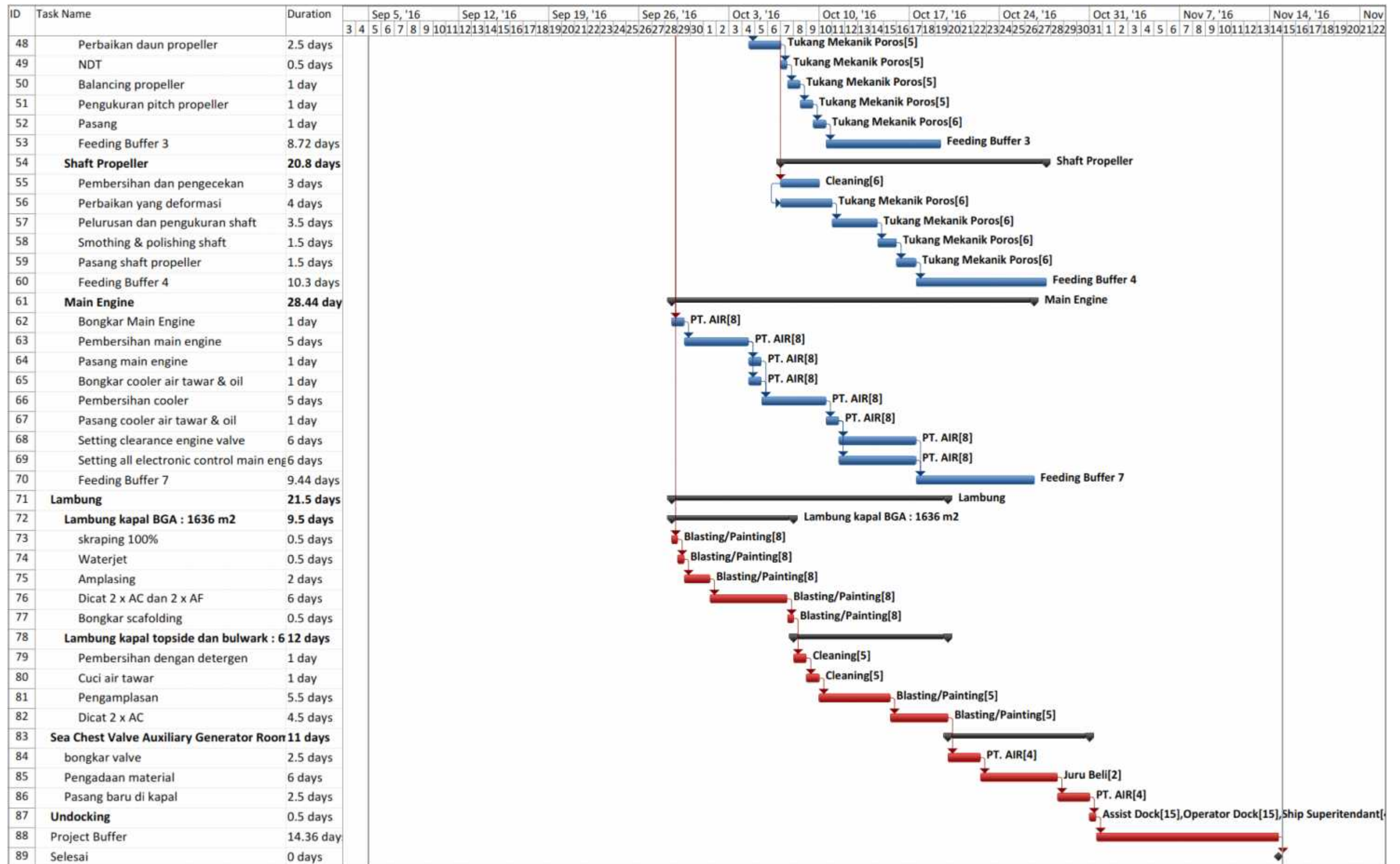


JURUSAN TEKNIK KELAUTAN			
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
NETWORK PLANNING CPM			
TUGAS AKHIR			
	Signatured	Date	Designed by :
Checked by :			Guna Wirawan 4313100136
Silvianita,S.T, M.Sc, P.hD			Remark :
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, P.hD			

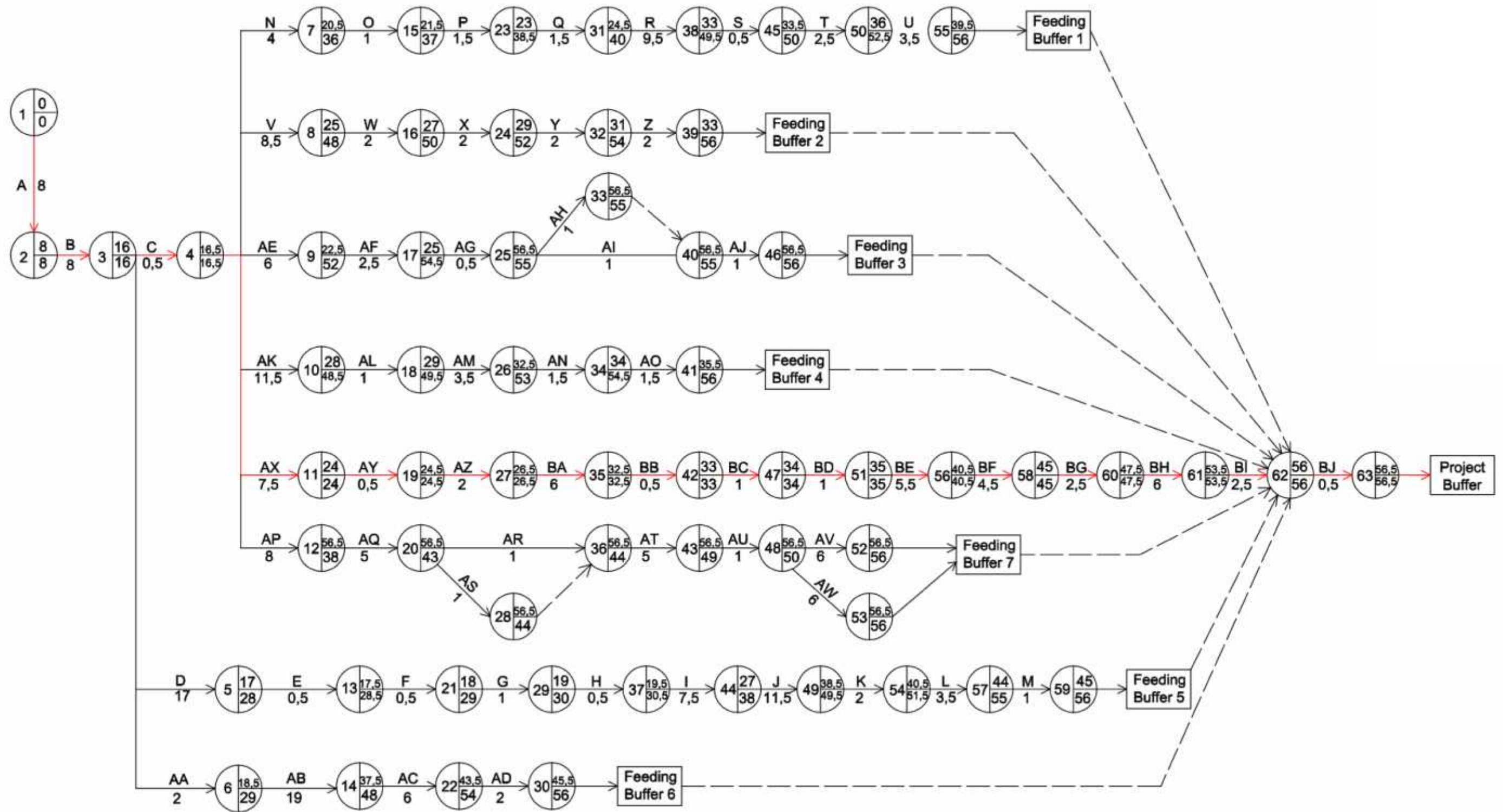
LAMPIRAN C

PENJADWALAN MS. PROJECT CCPM





LAMPIRAN D
NETWORK PLANNING CCPM



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN			
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN			
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
NETWORK PLANNING CCPM			
TUGAS AKHIR			
	Signaturred	Date	Designed by :
Checked by :			Guna Wirawan 4313100136
Silvianita,S.T, M.Sc, P.hD			Remark :
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, P.hD			

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Guna Wirawan, lahir di Palembang – Sumatra Selatan pada 20 Maret 1995 sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Agus Sugiarto dan Nisfiaty Mursal. Penulis mengawali pendidikan formalnya di SDI Darussalam Bekasi, kemudian melanjutkan ke SMPN 12 Bekasi, dan SMAN 61 Jakarta. Penulis menempuh pendidikan tinggi di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS – Surabaya dengan NRP 4313100136.

Selama masa perkuliahan penulis aktif di bidang akademik dan non akademik. Penulis pernah menjabat sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMATEKLA tahun 2014-2015. Pada tahun 2013-2014 penulis menjabat sebagai Kepala Divisi Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMATEKLA. Dalam bidang keprofesian, pengalaman yang dimiliki penulis antara lain pernah menjalani 2 bulan masa kerja praktik di PT PAL Indonesia (Persero) Surabaya Divisi Desain Teknologi dan Divisi HARKAN (Pemeliharaan dan Perbaikan). Selama menempuh masa perkuliahan, penulis menekunkan bidang perencanaan dan produksi Teknik Kelautan. Penulis dapat dihubungi melalui email guna.wirawan93@gmail.com atau melalui nomor seluler 081282468774.